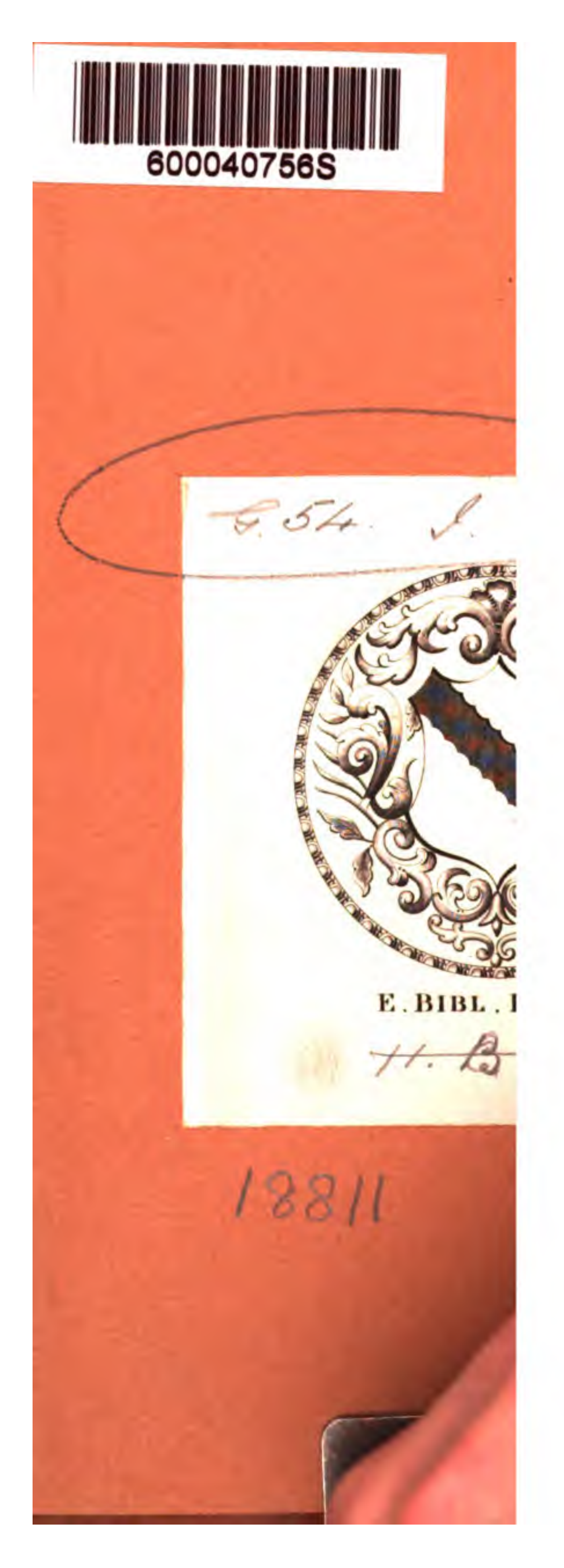
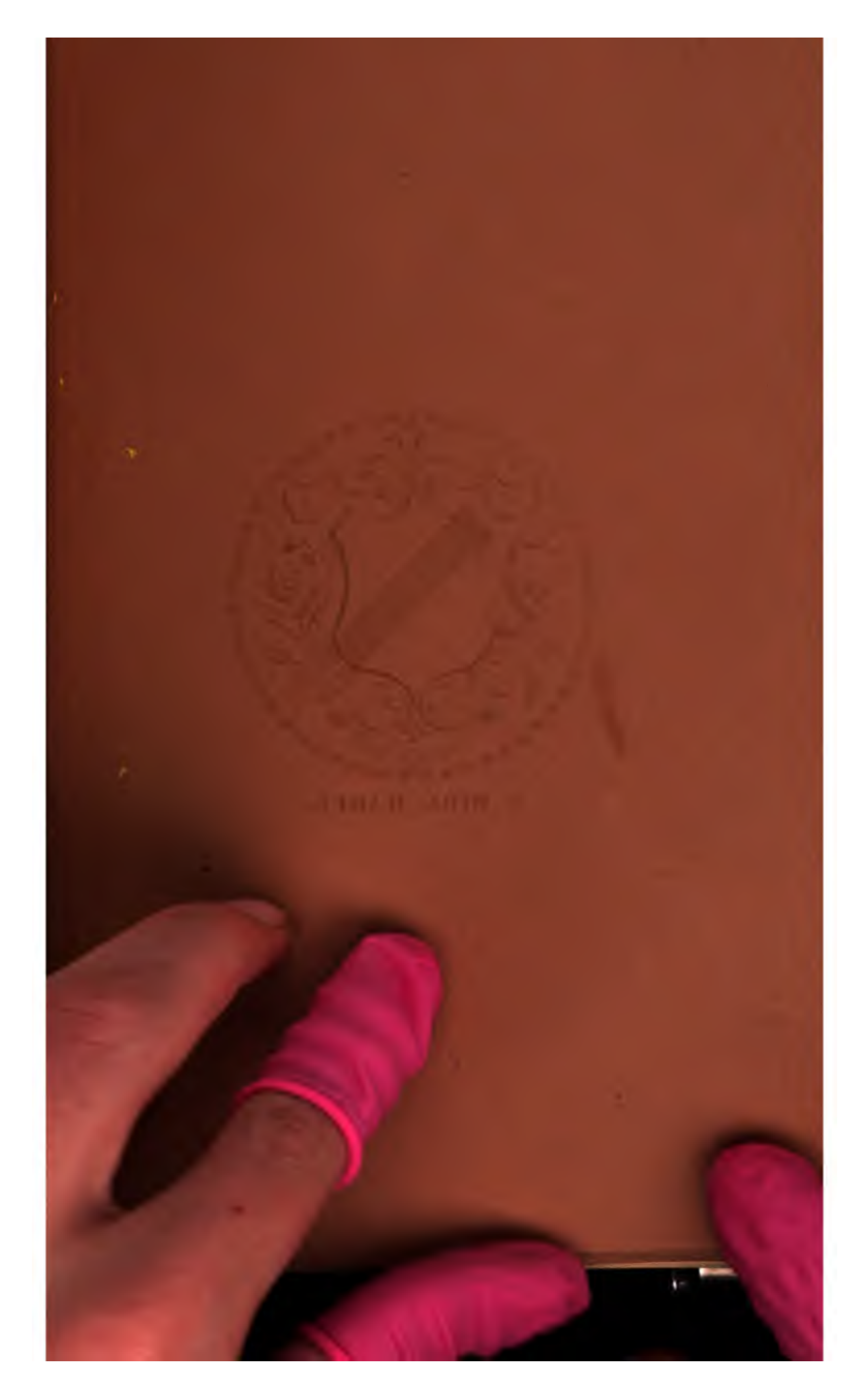

600040756S
G. 54. I.
E. BIBL. I
H. B
18811





ABRÉGÉ

DE

GÉOLOGIE



ABRÉGÉ

DE

GÉOLOGIE

Bruxelles.—Typ. de A. LACROIX, VERBOECKHOVEN et Cie, rue Royale 3, impasse du Parc.

ABRÉGÉ

DE

GÉOLOGIE

PAR

J. J. D'OMALIUS D'HALLOY

—

7e ÉDITION

y compris celles publiées sous les titres d'*Éléments* et de *Précis de géologie*



BRUXELLES ET LEIPZIG
AUG. SCHNÉE
ÉDITEUR

PARIS
F. J. LEIBER
RUE DE SEINE, 13

—

1862

OBSERVATION PRÉLIMINAIRE

Lorsque je publiai, en 1831, la première édition de mes *Éléments de géologie*, je réclamai l'indulgence du public pour un travail fait à la hâte dans des moments dérobés à des obligations qui absorbaient tout mon temps. On apprécia, sans doute, cette considération, car ce livre fut accueilli avec une bienveillance que j'étais loin de prévoir, et dans laquelle j'ai vu une espèce d'injonction de conserver le plan et le fond de mon premier travail dans les éditions qui ont paru en 1835, 1839 et 1843. J'aurais dû m'arrêter là, d'abord parce que la science continuant à marcher, c'était peut-être une transformation complète plutôt qu'une simple révision que nécessitait mon ouvrage; d'un autre côté, mon âge qui s'avançait rapidement, et l'obligation qui me fut encore imposée de m'occuper de questions sociales, me faisaient un devoir d'abandonner l'idée de reproduire un ouvrage de géologie. Cependant, la confiance de quelques amis ayant, en 1852, fait insérer mon nom dans le prospectus de l'*Encyclopédie* qu'allait éditer M. Jamar; j'ai fini, après avoir hésité quelque temps, par m'acquitter de ce qui paraissait être une promesse. J'ai en conséquence réduit mon

livre aux proportions qu'exigeait le cadre de M. Jamar, et, en lui donnant le titre d'*Abrégé*, j'ai de nouveau réclamé l'indulgence du public. Cette indulgence ne m'ayant pas fait défaut et la Providence ayant permis que je visse encore écouler un terme de neuf années, j'ai essayé de remettre l'*Abrégé* au courant de la science et je le reproduis comme une espèce de testament géologique.

Je répéterai ici, comme dans les éditions précédentes, que la nature restreinte de ce travail ne m'a point permis d'y traiter la partie historique et m'a forcé de m'abstenir de citer les noms des savants qui avaient rendu des services à la science. Je n'ai fait en conséquence de citations de ce genre que dans les cas où elles étaient nécessaires pour l'intelligence du sujet ou lorsqu'une observation ou une idée ne doit être présentée que sous la responsabilité de son auteur; de sorte que les personnes dont les travaux sont reproduits dans ce livre sans l'indication de leurs noms, bien loin de voir dans cette omission l'envie de diminuer leur mérite, doivent être convaincues qu'elle n'est motivée que par l'opinion que ces travaux ou ces idées sont généralement considérés comme définitivement acquis à la science.

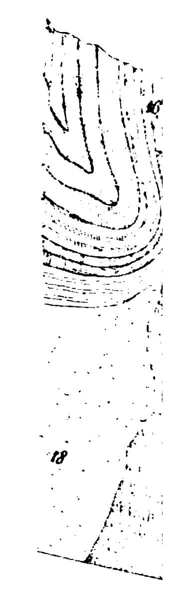
Je dirai également que si, au lieu de ne présenter que des descriptions générales de chaque terrain, j'ai souvent donné des descriptions particulières de localités prises pour exemples de ces terrains, c'est que cette marche a l'avantage d'être indépendante des classifications, qui varient avec les progrès de la science. On conçoit, par exemple, qu'une description exacte de Kœnigstein, placée au chapitre du *terrain jurassique*, sera toujours utile, quoiqu'il soit reconnu maintenant que cette localité appartient au terrain crétacé, tandis qu'une description des grès liasiques, où l'on aurait confondu, d'après l'opinion reçue il y a quarante ans, les caractères du grès de Kœnigstein avec ceux du grès de Luxembourg, bien loin d'être de quelque utilité, serait au contraire une source d'erreurs.

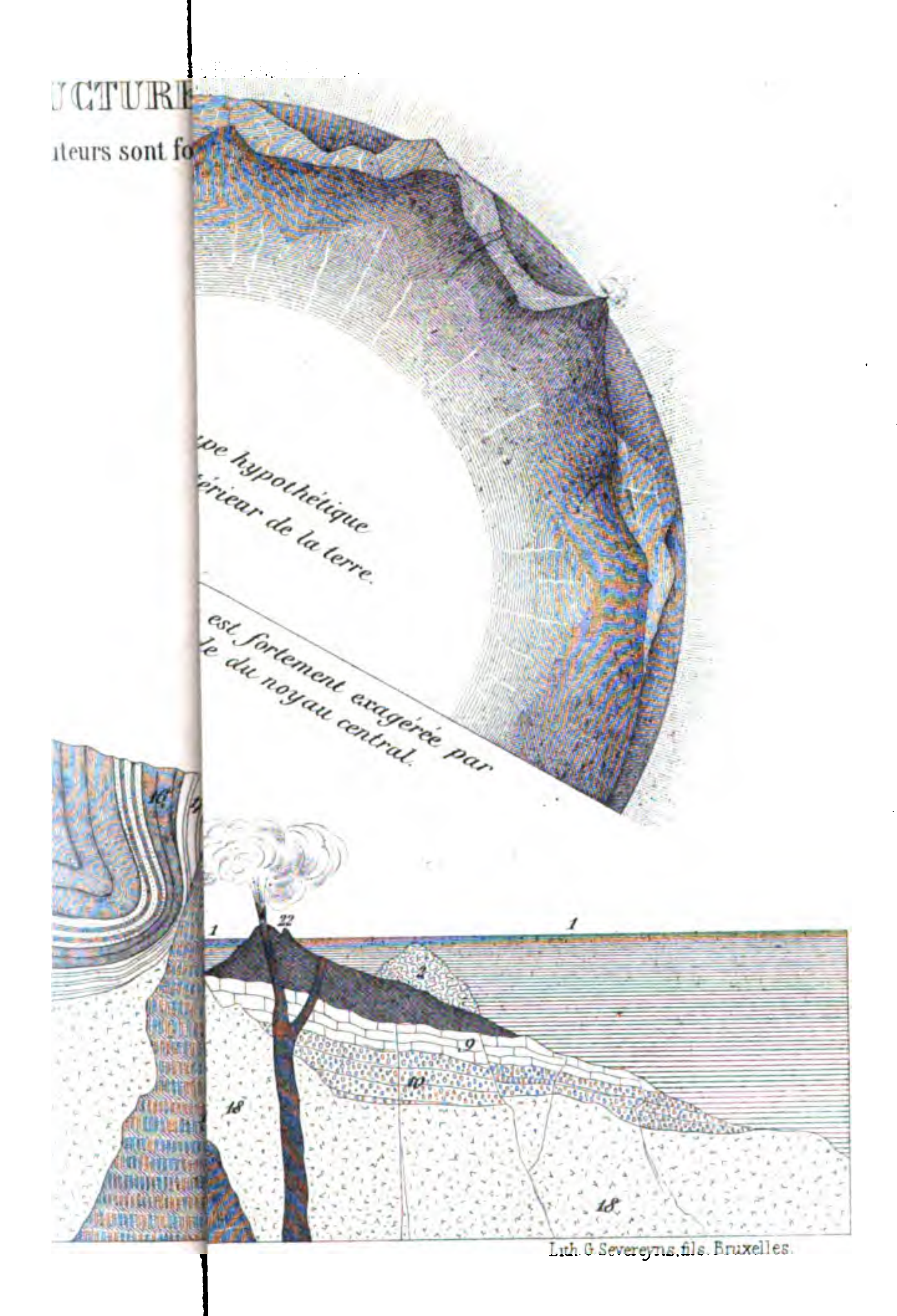
La destination de l'*Encyclopédie* de M. Jamar avait fait insérer, dans mon édition de 1853, la partie, concernant la Belgique, d'un travail publié, en 1808, sous le titre d'*Essai sur la géologie du Nord de la France;* j'ai cru pouvoir la reproduire dans ce volume, d'abord parce que s'il en avait été autrement j'aurais dû réintégrer dans la géognosie générale quelques-unes de ses parties, comme exemple de terrains, et ensuite parce que j'y donne une idée de la manière dont je conçois les descriptions locales.

L'impression de cet ouvrage avait été commencée en 1860, mais des circonstances, indépendantes de l'auteur, ont suspendu le travail pendant plus d'un an et donné lieu à quelques notes supplémentaires que l'on trouvera à la fin du volume.

RUCTUR

hauteurs sont





Lith. G Severeyns, fils. Bruxelles.

DE LA GÉOLOGIE EN GÉNÉRAL.

La *géologie* ou *science de la terre*, prise dans sa plus grande extension, a pour but de faire connaître celles des propriétés de cette planète que l'inaccessibilité des autres astres ne nous permet pas d'étudier dans ceux-ci. Cette étude pouvant être envisagée sous cinq points de vue, selon qu'elle s'occupe de la configuration de la surface de la terre, de la nature des matériaux qui la composent, de l'arrangement de ces matériaux, des phénomènes qui se passent dans l'enveloppe gazeuse de la terre, et de ceux qui agissent ou qui ont agi depuis les temps les plus reculés sur ses matériaux, liquides et solides; la géologie, ainsi entendue, se compose de cinq branches qui correspondent aux cinq sciences que nous désignons par les noms de *géographie*, de *minéralogie*, de *géognosie*, de *météorologie* et de *géogénie*. Lesquelles vont faire le sujet des cinq livres suivants (1).

(1) Pour que l'on puisse se rendre raison de la manière dont je définis et je limite la géologie, il est bon que je rappelle ici ma CLASSIFICATION DES CONNAISSANCES HUMAINES en général et des sciences naturelles en particulier.

Je considère ces connaissances comme pouvant se rapporter à cinq buts principaux, savoir :

1° Calculer le nombre, les dimensions, la force, le mouvement ou la valeur des choses : ce sont les *sciences mathématiques ;*

2° Connaître les phénomènes et les corps de la nature : ce sont les *sciences naturelles ;*

3° Appliquer la connaissance de la nature et du calcul à l'avantage ou au plaisir de l'homme : ce sont les *arts ;*

4° Connaître l'état et les actes des sociétés humaines et établir des règles pour les maintenir et les améliorer : ce sont les *sciences sociales ;*

5° Développer et employer la faculté d'exprimer des idées de manière à augmenter les avantages ou le plaisir que l'homme peut en retirer : c'est la *littérature*.

SUBDIVISION DES SCIENCES NATURELLES.—Les phénomènes et les corps naturels sont

le résultat de diverses forces, dont l'une, nommée *vie*, se distingue par la propriété de produire des corps pourvus de parties appelées organes, d'où ces *corps* sont désignés par l'épithète d'*organiques*, tandis que l'on nomme *corps inorganiques* ou corps bruts les produits des autres *forces* que l'on peut appeler *physiques* par opposition aux dénominations de *forces physiologiques* ou *biologiques* que l'on donne aussi à la vie. Nous distinguons, en conséquence, dans les sciences naturelles, deux grandes divisions, dont l'une a pour objet l'étude des phénomènes, et des corps inorganiques, l'autre celle des phénomènes et des corps organiques, d'où nous les désignons par les noms d'*inorganomie* et d'*organomie*.

SUBDIVISION DE L'INORGANOMIE. — On peut aussi subdiviser l'*inorganomie* en deux branches selon qu'elle étudie d'une manière *abstraite* les forces inorganiques en général, ou qu'elle est *appliquée* à faire connaître les propriétés dont jouissent les corps inorganiques en particulier. Chacune de ces branches peut encore se subdiviser en deux sciences spéciales, savoir : la *physique*, qui a pour objet les phénomènes qui ne changent pas sensiblement la nature des corps ; la *chimie*, qui traite des phénomènes qui changent cette nature ; l'*astronomie*, qui s'occupe d'une manière générale des grandes masses qui errent dans l'espace ; et la *géologie*, qui recherche d'une manière plus spéciale, dans celle de ces masses que nous habitons, les propriétés que l'inaccessibilité des autres ne nous permet pas d'y étudier.

LIVRE Ier.

DE LA GÉOGRAPHIE.

L'étude de la configuration de la surface de la terre peut être envisagée sous le rapport des divisions que les diverses positions de cette planète, à l'égard du soleil, permettent d'y établir, sous celui du relief de son écorce solide et sous celui des eaux qui se trouvent sur cette écorce; d'où la *géographie* se subdivise en *astronomique*, *orographique* et *hydrographique*.

CHAPITRE Ier.

GÉOGRAPHIE ASTRONOMIQUE.

Il était important pour l'étude de la surface de la terre, surtout pour parvenir aux moyens de représenter graphiquement la position des lieux, ainsi que pour se diriger dans les parties de cette surface que l'on ne connaît pas ou qui sont dépourvues de signes distinctifs; il était important, disons-nous, d'avoir un moyen de division qui réunît le double avantage de pouvoir s'appliquer à toute la terre sans avoir besoin d'en faire l'exploration, et de permettre, à un observateur qui se trouve sur un point quelconque, de pouvoir déterminer la position de ce point par rapport à la division générale dont il s'agit. Or, l'astronomie permet d'atteindre ce but; car cette science donnant les moyens de déterminer la position d'un point quelconque du ciel, il ne s'agit, pour déterminer la position d'un point de la terre, que de chercher les rapports de la sphère céleste avec la surface de la terre, ou, comme on dit en géographie, avec la **sphère terrestre.**

La sphère céleste ayant le même centre que la sphère terrestre, on aperçoit tout de suite que les plans des grands cercles de la sphère céleste passant par le centre de la terre, les points où ces plans coupent la surface du globe y décrivent aussi des grands cercles correspondants à ceux de la sphère céleste. On peut également considérer les petits cercles de la sphère céleste comme les bases de cônes qui ont leurs sommets au centre de la terre, et alors les points où ces cônes coupent la surface du globe décrivent sur celle-ci des cercles qui ont les mêmes positions

relatives que ceux de la sphère céleste. De cette manière on transporte sur la sphère terrestre, non seulement l'*équateur*, l'*écliptique*, les *tropiques* et les *cercles polaires;* mais aussi les parallèles et les cercles horaires, que l'on nomme respectivement *cercles de latitude* et *cercles de longitude* ou *méridiens terrestres*, parce que les coordonnées que l'on appelle *déclinaison* et *ascension droite* sur la sphère céleste se nomment *latitude* et *longitude* sur la sphère terrestre.

La **latitude** d'un lieu est donc sa distance à l'équateur mesurée sur un grand cercle perpendiculaire à ce dernier, c'est à dire sur un méridien; ou, en d'autres termes, l'angle formé par deux rayons partant du centre de la terre et aboutissant, l'un au lieu dont il s'agit, l'autre à l'équateur. On compte la *latitude* à partir de l'équateur, de sorte qu'on la distingue en *australe* et *boréale*, et que les pôles représentent le 90e degré de latitude de chaque hémisphère.

La **longitude** est l'arc de l'équateur compris entre le méridien du lieu et celui d'un autre lieu déterminé que l'on prend pour premier méridien, ou, en d'autres termes, l'angle formé par les plans de ces méridiens. Comme il est plus facile pour les astronomes de faire leurs calculs en prenant pour point de départ le méridien du lieu où ils font leurs observations, on n'a pu s'entendre pour l'adoption d'un premier méridien uniforme; et la plupart des nations comptent la longitude à partir du méridien de leur principal observatoire. On a cependant proposé et quelques peuples ont adopté comme premier méridien commun, celui passant par l'île de Fer, l'une des îles Canaries. Du reste, on est assez généralement dans l'habitude de compter la *longitude* de chaque côté du premier méridien, en la désignant par l'épithète d'*orientale* ou d'*occidentale*, de sorte que chaque hémisphère se trouve divisé en 180 degrés, et que la partie de grand cercle qui forme le zéro du côté de la terre où est situé le point de départ, forme du côté opposé le 180e degré pour la série orientale, aussi bien que pour la série occidentale.

On voit donc qu'il suffit de déterminer la latitude et la longitude d'un lieu pour connaître la véritable position de ce lieu sur la sphère terrestre, de sorte que, à l'aide de cette connaissance, pour un grand nombre de lieux, on peut dresser des **cartes géographiques**, c'est à dire des plans qui représentent tout ou partie de la surface de la terre (1). Mais l'examen des procédés à employer pour atteindre ce but n'entre pas dans le cadre que nous nous sommes tracés.

(1) Ces *cartes* prennent diverses dénominations selon les détails que l'on y ajoute et le

Les cercles de longitude étant de grands cercles, ou plutôt de demi-grands cercles, puisque la continuation de l'arc qui parcourt un hémisphère est désignée par un numéro différent dans l'hémisphère opposé, ils ont une longueur uniforme, sauf les inégalités qui peuvent résulter des irrégularités de la figure de la terre; mais les cercles de latitude ont une longueur constamment décroissante, depuis l'équateur jusqu'aux pôles, lesquels représentent les deux derniers cercles de latitude, et qui, n'étant que des points, n'ont aucune étendue. Par suite de cette disposition, l'espace compris entre les deux degrés de longitude va continuellement en diminuant de l'équateur au pôle, où il est réduit à zéro; tandis que l'espace compris entre deux degrés de latitude serait uniformément de 111 111 mètres, si la terre était réellement une sphère et si ses méridiens avaient 40 000 000 de mètres, ainsi qu'on l'a supposé lors de l'établissement du système métrique (1); mais l'aplatissement de la terre au pôle et les autres irrégularités de sa configuration sont cause que les espaces compris entre deux degrés de latitude, ou, en d'autres termes, les degrés du méridien, présentent des différences selon les latitudes et selon les lieux; de sorte que, tandis que les mesures faites vers le 45e degré de latitude boréale approchent sensiblement de la longueur moyenne donnée ci-dessus, celle faite en Laponie sous le 66e degré de latitude boréale, par M. Swanberg, a donné 111 471 mètres, et celle faite à l'équateur, par Bouguer, a donné 110 618 mètres. Il paraît, en outre, que les dimensions de l'hémisphère austral sont un peu plus étendues que celles de l'hémisphère boréal. Mais, d'un autre côté, les diverses mesures de degrés terrestres qui ont été effectuées présentent des anomalies si considérables qu'Arago pensait qu'on ne peut les attribuer aux irrégularités de la forme de la terre, mais qu'elles doivent plutôt leur origine à la diversité de composition de cette planète, d'où résultent les attractions locales qui font

but auquel on les destine. On en construit rarement qui ne contiennent que des renseignements purement *géographiques;* dans ce nombre on doit cependant ranger les *cartes marines* qui indiquent pour l'usage des navigateurs les formes et la profondeur des mers. Les *cartes* les plus ordinaires sont réellement *statistiques*, puisqu'elles font connaître les limites et les divisions des États. Les *cartes géognostiques* donnent des indications sur la nature du sol. On se sert de la dénomination de *cartes topographiques* pour désigner celles qui représentent avec beaucoup de détails une contrée peu étendue, mais quand elles ont pour but de faire connaître les propriétés particulières, elles deviennent des *plans cadastraux*.

(1) Le système métrique avait été établi pour que le mètre exprimât exactement la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre. Mais, d'après de nouvelles opérations, que l'on croit plus exactes, la longueur de ce quart du méridien serait de 10 000 723 mètres; ce qui, toutefois, ne donnerait qu'une différence imperceptible entre la longueur affectée au mètre et celle qu'il aurait dû recevoir.

dévier le fil à plomb et rendent inexacte la détermination de la latitude de ces lieux.

Les tropiques et les cercles polaires **divisent la sphère terrestre en cinq zones** parallèles. La première au nord, comprise entre le pôle et le cercle polaire, est appelée *zone glaciale du nord;* la seconde comprise entre le cercle polaire boréal et le tropique du Cancer, est la *zone tempérée boréale;* la troisième, comprise entre les deux tropiques, est la *zone torride;* la quatrième, comprise entre le tropique du Capricorne et le cercle polaire austral, est la *zone tempérée australe;* enfin la cinquième, au sud du cercle polaire austral, est la *zone glaciale du sud*. Chaque point de la zone torride a deux fois par an le soleil à son zénith, tandis que le soleil n'est jamais au zénith des autres zones. Mais cet astre paraît toutes les vingt-quatre heures sur l'horizon d'un point quelconque des deux zones tempérées, tandis que dans les zones glaciales il y a une période où le soleil ne paraît pas toutes les vingt-quatre heures à l'horizon, période qui va toujours en augmentant à mesure que l'on s'approche du pôle, de manière qu'à ce point il doit y avoir un intervalle de six mois où le soleil est constamment visible et six mois où il est invisible, sauf les effets de la réfraction, qui semble être plus considérable au pôle que dans les autres parties du globe.

CHAPITRE II.

GÉOGRAPHIE OROGRAPHIQUE.

La terre est enveloppée d'une écorce solide dont la surface est inégale, et, comme il y a sur cette écorce une masse considérable d'eau liquide qui est sollicitée, par la pesanteur, à se rapprocher du centre du globe, la majeure partie de ces eaux forme au dessus des parties les plus basses de l'écorce solide une vaste nappe dont le niveau moyen sert de point de repère pour la mesure des **inégalités de la surface de l'écorce solide.**

La différence d'élévation entre ce niveau et un point quelconque de l'écorce solide se nomme l'**altitude** de ce point. Les terres, c'est à dire les lieux qui ne sont pas recouverts par les eaux, ont généralement une altitude plus élevée que le niveau de la grande nappe d'eau. Il y a cependant quelques contrées, notamment dans le voisinage de la mer Caspienne et dans celui de la mer Morte, dont l'altitude est plus basse; on distingue alors ces altitudes, dans les tableaux, par le signe —. Il résulte, de ce qui précède et de ce qui a été dit auparavant, que la position géographique d'un lieu est déterminée par trois coordonnées : la latitude, la longitude et l'altitude.

Le **maximum des inégalités** de l'écorce du globe ne nous est pas connu; car non seulement on n'a pas de moyens certains pour mesurer les grandes profondeurs sous les eaux, mais on n'a point encore exploré suffisamment la surface des terres pour pouvoir décider positivement

quel en est le point le plus élevé. On attribue maintenant cette prérogative au *mont Everest* ou *Gaurisankar* dans l'Himalaya, entre l'Hindoustan et le Tibet, dont l'altitude est de 8 840 mètres. Quant aux enfoncements qui sont cachés par les eaux, le sondage le plus profond, n'a encore annoncé que 8 412 mètres, de sorte qu'en admettant un maximum de 18 000 mètres pour les inégalités de l'écorce terrestre on irait au delà des observations et cependant ce chiffre ne serait pas la 350e partie du diamètre terrestre; de manière que ces inégalités sont beaucoup moins prononcées par rapport aux dimensions de la terre, que les aspérités que nous voyons sur la peau d'une orange ne le sont par rapport au volume de ce fruit.

Les dénominations que l'on donne aux diverses parties de la terre par suite de leur altitude et de leur relief varient souvent d'après la position où se trouvent ceux qui les emploient. Car, de même que nous disons que certaine île n'est qu'une plaine basse, tandis qu'elle est peut-être le sommet d'une montagne cachée par la mer, les habitants d'un pays très élevé considéreront comme **région basse** ce que les habitants des bords de la mer nommeront une **contrée élevée**; de même, aussi, les habitants d'une contrée où le sol présente de grandes inégalités, nommeront *pays plat* ou *plaine* ce que les habitants d'une contrée tout à fait unie appelleront *pays montueux* ou *montagne*. De sorte qu'il est difficile d'adopter, à cet égard, des règles fixes de nomenclature sans s'écarter des usages reçus et sans s'exposer à se trouver souvent dans l'impossibilité d'appliquer ces règles. Aussi, quoique les géographes ne considèrent pas habituellement comme contrée basse un pays qui a plus de 300 à 400 mètres d'altitude, ni comme **plaine** un sol qui présente des inégalités de 100 mètres, on fait souvent exception à ces règles lorsqu'il s'agit de contrées qui se trouvent dans des positions particulières. C'est ainsi que l'on considère quelquefois le milieu de la Suisse comme un pays de plaine, et le Teutoburgerwald, en Westphalie, comme une chaîne de montagnes, quoique le premier soit généralement plus haut que le second; mais celui-ci s'élève au dessus des plaines de la basse Allemagne, tandis que l'autre est enfoncé entre deux chaînes de hautes montagnes. Il est à remarquer aussi que, quand un sol uni est élevé et surtout quand il n'est pas dominé par des points plus hauts, on ne lui donne pas le nom de plaine, mais celui de **plateau**, dénomination qui s'emploie dans un sens encore plus large que celle de plaine; car on en fait souvent usage pour désigner une portion de la surface de la terre qui domine les contrées environnantes, quoique cette portion présente un sol très inégal.

Lorsqu'une partie de l'écorce du globe s'élève sensiblement au dessus du sol environnant, on lui donne les noms de **montagne**, de **colline** ou d'**éminence**, selon que la différence de niveau est plus ou moins prononcée; mais il n'y a pas non plus de règles fixes pour l'application de ces mots, que l'on emploie souvent dans un sens relatif plutôt qu'absolu; car telle élévation que l'on appellera montagne dans un pays de plaines, passerait à peine pour une éminence dans un pays de hautes montagnes. Cependant les géographes ne donnent ordinairement le nom de montagnes qu'à des pentes qui ont au moins 300 à 400 mètres de hauteur. Il est à remarquer que nous employons ici le mot pentes plutôt que celui d'élévations, parce que, quoique le nom de montagne donne assez généralement l'idée d'une masse qui s'élève de tous côtés au dessus du sol environnant, on l'applique aussi à des pentes qui ne sont que la différence de niveau entre une région basse et un pays élevé, de sorte qu'arrivé au sommet d'une semblable montagne, on trouve un plateau au lieu d'une pente en sens inverse.

Les pentes qui, comme on le voit, sont la partie essentielle d'une montagne, s'appellent aussi les *flancs* de la montagne; leurs parties supérieures en forment le *sommet* ou la *cime;* leurs parties inférieures, c'est à dire celles où les pentes commencent à s'élever au dessus du sol environnant, en sont le *pied;* l'espace occupé par une montagne en est la *base*. Du reste, la forme des montagnes est extrêmement variable; les flancs des unes ne sont que des pentes douces, tandis que ceux des autres sont des pentes rapides ou des escarpements qui approchent plus ou moins de la ligne verticale. De même le sommet des unes se compose de *croupes* arrondies ou de plateaux, tandis que d'autres sont terminées par des *pointes* de rochers plus ou moins aiguës; d'où proviennent les diverses dénominations que l'on donne à certaines parties de ces sommets, et qui souvent indiquent leur forme : telles sont celles de *ballon*, de *dôme*, de *tour*, de *pic*, de *corne*, de *dent*, d'*aiguille*, etc.

Les *montagnes* sont quelquefois *isolées;* plus souvent elles forment des *chaînes* et des *groupes*.

Les premières sont ordinairement appelées *monts*, mais l'usage ne s'est pas non plus soumis à donner à ce nom une application exclusive; et non seulement on l'applique aux montagnes isolées et à des sommités particulières qui s'élèvent au milieu d'une chaîne ou d'un groupe, mais aussi à des chaînes et à des groupes entiers.

Les *chaînes de montagnes* ont quelquefois une direction constante sur toute leur étendue : telle est celle des Pyrénées; mais souvent elles changent brusquement de direction : telle est la chaîne des Alpes, dont

la partie occidentale a une direction très différente de la partie orientale. Cependant, au milieu de ces irrégularités, on remarque que les principales chaînes de montagnes ont souvent une direction analogue à celle des terres dans lesquelles elles se trouvent ; ce qui est d'autant moins étonnant que les terres ne sont, en général, que des chaînes de montagnes par rapport au fond des mers. C'est ainsi, par exemple, que les principales chaînes du milieu de l'Europe et de l'Asie sont dirigées dans le sens de l'ouest à l'est, tandis que celle de l'Amérique sont dirigées du nord au sud.

La largeur des chaînes de montagnes est aussi très variable, et l'on voit quelquefois une même chaîne, très large dans un lieu, se rétrécir dans un autre, pour s'élargir de nouveau un peu plus loin.

La hauteur des chaînes de montagnes est encore plus irrégulière que leur direction et leur largeur ; car, outre qu'elles se composent ordinairement d'élévations inégales, on voit souvent une chaîne interrompue par une région basse ou par une portion de mer au delà de laquelle elle reparaît avec les mêmes caractères. Mais, quoique la géologie nous montre que de semblables parties de montagnes doivent être considérées comme appartenant à une même chaîne, on est assez généralement dans l'usage de donner des noms particuliers à chacune de ces parties séparées.

Les chaînes de montagnes ne présentent quelquefois qu'une seule ligne d'élévations, mais le plus souvent elles se composent de plusieurs *chaînons* ou séries d'élévations particulières placées les unes à côté des autres (1). Il est rare aussi que les chaînes ne se ramifient pas, c'est à dire qu'il n'en sorte des *rameaux* qui se détachent de la chaîne principale en prenant diverses directions.

Dans une chaîne ou dans un rameau de montagnes dont le sommet, au lieu de correspondre à un plateau, forme une *crête*, celle-ci est ordinairement dentelée, et les parties les plus élevées se nomment *cimes*, tandis que les plus basses sont appelées *cols*, et servent, dans les pays de hautes montagnes, pour communiquer d'un côté de la crête avec l'autre.

On appelle *faîte*, une ligne que l'on suppose traverser chaque chaîne ou chaque rameau de montagnes dans le sens de la longueur, en passant par les points les plus élevés, et on désigne par le nom de *versants* les parties de la chaîne qui s'étendent de chaque côté du faîte ; mais on ne

(1) On voit que le mot *chaînon* est pris ici dans un sens différent de celui qu'il a dans l'usage ordinaire, où il est employé comme synonyme d'anneau. Aussi quelques géologues emploient-ils le mot *chaîne* dans le sens donné ci-dessus au chaînon, mais alors on n'a plus de mot pour désigner l'ensemble de la chaîne.

doit pas prendre ces dénominations dans un sens rigoureux, car il arrive bien rarement, peut-être jamais, que les points les plus élevés d'une chaîne de montagnes puissent être réunis par une ligne non interrompue; souvent même les points culminants se trouvent plus ou moins éloignés de la ligne que la disposition générale du sol doit faire considérer comme le faîte. De sorte que l'on ne doit voir dans la division en versants qu'un moyen de distinguer l'ensemble des pentes et des rameaux qui se trouvent aux deux côtés d'une ligne idéale qui fait la séparation des parties de la chaîne qui tendent à s'abaisser d'un côté de celles qui tendent à s'abaisser du côté opposé. Il est à remarquer aussi que dans une chaîne qui n'est que la chute d'un large plateau vers une région basse, il n'y a qu'un versant, le second étant remplacé par le plateau qui peut donner naissance à une seconde chaîne de montagnes du côté opposé, mais qui peut aussi perdre son élévation par des pentes trop douces pour pouvoir être réputées montagnes. Dans ce dernier cas, à la vérité, on considère l'ensemble de ces pentes comme formant le second versant; mais, attendu qu'il n'y existe plus de montagnes, on ne peut lui donner le nom de versant dans le sens indiqué ci-dessus.

Il résulte, de cette tendance de certains versants à se confondre avec les plateaux, que les deux versants d'une chaîne de montagnes sont rarement uniformes. On remarque même que, si une chaîne de montagnes présente un versant étroit avec des *escarpements* ou des pentes très rapides, le versant opposé est très large et composé de pentes beaucoup plus douces, ou plutôt de chaînons et de rameaux dont l'élévation devient successivement moindre, et qui finissent par des collines et des éminences qui se perdent tout à fait dans la plaine ou qui se lient avec les dépendances d'une autre chaîne. On donne ordinairement le nom de *contre-forts* à des rangées de collines ou de petites montagnes qui se trouvent en avant d'une chaîne de hautes montagnes.

Les chaînes ou chaînons de *montagnes* sont quelquefois disposés *en gradins*, c'est à dire qu'au dessus du plateau qui correspond au sommet d'une chaîne ou chaînon s'élève une nouvelle série d'élévations qui peut elle-même être suivie par une autre. Cet ordre de choses a principalement lieu dans les parties larges des continents.

Les *groupes de montagnes* ne diffèrent des chaînes que parce qu'au lieu de former des lignes, allongées ils se composent d'un massif dont les dimensions en largeur sont moins différentes de celles en longueur. Souvent le milieu d'un groupe présente la cime la plus élevée, d'où partent des espèces de rameaux qui divergent dans diverses directions. Les

groupes de montagnes sont quelquefois, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, désignés par le nom de plateau.

Les *collines* et les *éminences* n'étant, comme nous l'avons déjà fait entendre, que de petites montagnes; elles présentent en général les mêmes caractères que ces dernières; nous ferons seulement remarquer que les chaînes à un versant y sont plus communes que dans les montagnes, et que leurs flancs sont souvent nommés *côtes* et *coteaux*.

Du reste nous répéterons encore que non seulement l'usage ne s'astreint pas à une application régulière de ces diverses dénominations, mais que, d'un autre côté, cette application n'est pas toujours possible, car on sent par exemple qu'il y a des massifs de montagnes qui peuvent aussi bien être appelés chaînes que groupes, et des parties de ces massifs que l'on peut également prendre pour chaîne particulière, pour chaînon, ou pour rameau, la distinction entre ces diverses manières d'être des montagnes n'étant tranchée que dans les cas extrêmes.

On appele *dunes* des petites collines qui forment quelquefois de petites chaînes isolées le long de la mer.

La surface de la terre est plus ou moins sillonnée par des dépressions longues et étroites, que l'on nomme **vallées** et **vallons**, selon qu'elles sont plus ou moins profondes. Lorsque ces dépressions se rétrécissent de manière à rendre le passage difficile, on leur donne le nom de *défilés* et de *gorges*; si, au contraire, elles sont à peu près aussi larges que longues, on leur donne le nom de *bassins*; et quand les bassins sont disposés circulairement, de manière à rappeler la forme des théâtres des anciens, on les nomme *cirques*.

Du reste, ces dénominations doivent être prises dans un sens encore moins absolu que celles que l'on emploie dans les autres parties de la géographie, et ne sont que des termes pris dans une série où il n'y a pas de limites déterminées. C'est ainsi, par exemple, que des contrées que l'on considère ordinairement comme de grandes plaines ne sont, dans le fait, que de vastes vallées; telle est la plaine du Pô, bordée, d'un côté, par les Alpes, et, de l'autre, par les Apennins.

En général, lorsqu'une contrée présente brusquement une grande différence de niveau, le sol de la partie élevée est sillonné par des vallées très profondes, tandis que, dans les lieux qui s'éloignent d'une semblable chute, les dépressions du sol sont peu prononcées, quand même elles se trouveraient sur des plateaux très élevés au dessus de la mer.

On remarque de même que toute *vallée principale* est comme une espèce de tige à laquelle aboutissent de petites branches ou *vallées latérales*, dont la direction se croise avec la vallée principale, et qui, souvent,

se ramifient de leur côté. En général, la plus grande partie des vallées qui sillonnent une chaîne ou un rameau de montagnes se dirigent ordinairement dans un sens transversal à la chaîne ou au rameau, d'où on les appelle *vallées transversales*, soit qu'elles prennent naissance à la crête, en se dirigeant sur l'un ou l'autre versant, ce qui est le cas le plus fréquent; soit qu'elles traversent tout à fait la chaîne ou le rameau, ce qui est plus rare. Plusieurs chaînes présentent aussi des vallées dirigées dans le sens même de la chaîne, et que, par cette raison, on nomme *longitudinales*. On trouve notamment ces deux espèces de vallées très bien prononcées dans les Alpes.

Les vallées transversales sont plus communément bordées par des flancs escarpés que les vallées longitudinales; cependant cette circonstance tient aussi à la nature du terrain; car on sent qu'il ne peut y avoir d'escarpements dans un terrain meuble ou facilement altérable.

Dans les vallées longitudinales, les flancs opposés sont souvent de nature différente, ou du moins composés de matières disposées d'une autre façon. Dans les vallées transversales, au contraire, il y a presque toujours identité parfaite entre les deux flancs opposés, tant sous le rapport de la nature que sous celui de la structure; et, lorsque l'on voit d'un côté un *angle saillant*, il est à peu près certain que le côté opposé présente un *angle rentrant*.

Les vallées, surtout celles transversales, qui ne sont pas très profondes, tendent en général à s'élargir à mesure qu'elles avancent d'une contrée élevée vers une région basse; mais cette règle est sujette à beaucoup d'exceptions; et les vallées des hautes montagnes ne présentent souvent qu'une série de renflements et d'étranglements; mais, dans ce cas, c'est plutôt un système de vallées qu'une vallée proprement dite. Ces systèmes se composent souvent de petites vallées longitudinales ou de bassins unis par des défilés transversaux.

On verra, dans le chapitre suivant, que les mots vallée et bassin sont aussi employés dans un sens hydrographique.

Lorsque les dépressions du sol ou, pour parler le langage des mineurs, les *cavités à ciel ouvert* ne sont plus assez larges pour être appelées vallées, vallons, défilés, bassins ou cirques, on les désigne par d'autres noms, tirés ordinairement de leur forme : c'est ainsi que l'on appelle **fentes** et **crevasses** celles qui ressemblent aux cavités de même nom que nous voyons se former dans les corps qui se dessèchent ou qui se refroidissent; d'autre prennent le nom de **puits naturels** ou d'**entonnoirs**, parce qu'elles rappellent nos puits ou nos entonnoirs artificiels. Du reste, de même que l'application du nom de pays élevé et de région

basse est souvent prise dans un sens relatif plutôt qu'absolu, il n'y a pas de ligne de démarcation entre les dépressions que l'on doit désigner par les premières ou par les dernières des dénominations que nous venons d'indiquer; car il y a, dans les pays de montagnes, de véritables vallées, c'est à dire des cavités assez vastes pour être habitées, qui ressemblent tellement à une fente ou à une crevasse, qu'on les désigne par l'un de ces noms lorsque l'on veut exprimer leur forme en peu de mots.

Nous ajouterons, à cette énumération des noms que prennent les diverses parties de la terre d'après leur relief, quelques mots sur d'autres **dénominations** qui sont plutôt **agricoles** et statistiques que réellement géographiques, mais dont on fait cependant un fréquent usage dans les descriptions des diverses parties de la terre.

Par les noms de *déserts*, *steppes* et *pampas* on désigne des contrées arides, sans culture, peu ou point habitées. Les déserts sont les plus arides, les steppes et surtout les pampas produisent plus de végétation. Cependant il est à remarquer que l'application de ces trois noms tient plutôt au langage qu'à l'état réel des choses, et que ce que l'on appelle désert, dans l'Afrique et dans le sud-ouest de l'Asie, se nommerait steppe en Russie ou dans le nord de l'Asie, et pampa dans l'Amérique méridionale.

Il existe quelquefois, dans les déserts, des espaces nommés *oasis*, où la présence de sources, la nature du sol, ou d'autres circonstances permettent l'établissement d'une végétation régulière et une habitation fixe de l'homme.

Les mots *landes*, *bruyères* et *garigues*, appartenant à l'Europe occidentale, s'appliquent à des espaces moins étendus que ceux de désert, steppe et pampa. Les deux premiers indiquent, en général, des sols recouverts de dépôts meubles et d'une faible végétation où dominent les bruyères. Le troisième, employé dans le Languedoc, indique des espaces où les rochers sont en grande partie à nu ou couverts de broussailles. Dans les contrées polaires de l'Europe et de l'Asie on donne le nom de *toundra* à des plaines qui ne sont couvertes que de lichens, de mousses et d'autres plantes cryptogames.

Par la dénomination de *solitudes*, on désigne les contrées sans habitations fixes, mais où cet état de choses est aussi bien l'effet de circonstances sociales que de la nature du sol ou du climat. Dans l'Amérique du Nord, il y a de vastes solitudes que l'on appelle *forets* et *prairies* selon qu'elles sont couvertes d'arbres ou de végétaux herbacés.

CHAPITRE III.

GÉOGRAPHIE HYDROGRAPHIQUE.

Division générale des eaux. — Les eaux qui recouvrent une partie de la surface de la terre s'y trouvent à l'état liquide ou à l'état solide.

Les **eaux liquides** peuvent se subdiviser en deux groupes, celles qui font partie d'un immense réservoir qui entoure toutes les terres, et celles qui se trouvent disséminées dans ces dernières.

Les eaux du grand réservoir sont ordinairement appelées **mers** ou *océan*. Ce dernier nom est aussi employé, en y ajoutant une épithète, pour désigner de grands espaces d'eau ; tandis que le nom de *mer*, au singulier, est plus spécialement appliqué à désigner des espaces moins étendus, qui ont ordinairement des espèces de limites tracées par la présence de quelques terres. Lorsque ces terres circonscrivent les eaux de manière que celles-ci ne communiquent avec l'Océan que par des passages rétrécis, on leur donne le nom de *mers intérieures*. On appelle aussi *golfes* et *baies* des parties d'eau d'une plus petite étendue qui s'avancent dans les terres : mais l'application de ces noms est fort arbitraire ; et, quoiqu'il soit reçu qu'une mer doive être plus grande qu'un golfe et un golfe plus grand qu'une baie, l'usage consacre quelquefois le contraire. Les marins donnent aussi le nom d'*anse* et de *crique* à de très petites baies. Ils appellent *rades* les lieux qui leur offrent des abris pour leurs vaisseaux, et *ports* ceux qui présentent en même temps

des facilités, soit naturelles, soit artificielles, pour le chargement et le déchargement; mais ces deux dernières dénominations appartiennent à l'art de la navigation et à la statistique plutôt qu'à la géographie proprement dite. Par le nom de *lagune* on entend des parties de mer voisines des terres, souvent resserrées par celles-ci, et dans lesquelles l'eau a généralement très peu de profondeur.

Lorsqu'une partie de mer, resserrée entre des terres, établit la communication avec d'autres parties de mers plus larges, on lui donne le nom de *détroit*, de *bras de mer*, de *canal* ou de *passage*, sans parler d'autres dénominations particulières à quelques-unes de ces communications, comme celles de Pas-de-Calais, phare de Messine.

Les eaux des terres peuvent se diviser en *eaux courantes* et en *eaux stagnantes*, en prenant toutefois la dénomination d'eau stagnante dans un sens relatif plutôt qu'absolu; car la plupart des amas d'eaux que nous rangeons dans cette division sont traversés par des cours d'eaux dont ils ne sont alors qu'une espèce de renflement, déterminé par l'élargissement et l'approfondissement de la dépression du sol dans laquelle coulent ces cours d'eau.

Lorsque les **eaux** que nous appelons **stagnantes** ont une certaine profondeur, on les nomme *lacs* ou *étangs*, selon qu'elles sont retenues par un obstacle naturel ou artificiel; mais ici, comme pour les autres divisions que nous venons de voir, l'usage ne se soumet pas à des règles fixes, car on donne souvent le nom d'étang à des amas d'eau retenus par des obstacles naturels, et, lorsque ces amas sont très considérables, on leur attribue généralement le nom de *mer*, telles sont la mer Caspienne et la mer d'Aral; on donne même le nom de mer Morte à un petit lac de la Palestine.

On emploie le nom de *marais* pour désigner des lieux où l'eau n'est pas assez profonde pour empêcher la végétation, et où elle est pour ainsi dire mélangée avec la terre. Il y a des marais d'une étendue immense et d'autres extrêmement petits. On appelle ordinairement *savanes* les grands marais qui se trouvent dans les plaines de l'Amérique méridionale.

Les eaux courantes peuvent se distinguer en *permanentes* et *accidentelles* : les premières se divisent en *fleuves*, *rivières* et *ruisseaux*, selon l'importance du cours d'eau; mais, quoique l'on ait souvent voulu appliquer exclusivement le nom de fleuve aux grands cours d'eau qui se jettent directement dans la mer, on désigne souvent le plus grand des cours d'eau connus par le nom de rivière des Amazones.

Les eaux accidentelles sont quelquefois appelées *eaux sauvages;* et, lorsqu'elles forment des masses considérables qui coulent avec violence

et qui exercent des ravages sur leur passage, on leur donne le nom de *torrents*.

Les points où l'on voit sortir de l'eau hors de l'écorce solide du globe s'appellent *fontaines* ou *sources;* la réunion de deux cours d'eau est nommée *confluent;* et celui des deux cours d'eau qui perd son nom pour prendre celui de l'autre, est un *affluent* de ce dernier. On considère de même comme affluent d'un cours d'eau, tout cours d'eau désigné par un nom différent qui verse ses eaux dans le cours d'eau ou portion de cours d'eau dont on s'occupe; car il arrive quelquefois que les parties d'un même cours d'eau portent des noms différents. Le point où un cours d'eau se jette dans une mer, dans un lac ou dans un étang, se nomme *embouchure*, et lorsque le cours d'eau se divise en plusieurs *bras* vers son embouchure, celle-ci prend le nom de *bouches*.

Lorsqu'un cours d'eau est dans le cas de franchir brusquement une différence de niveau un peu considérable, on donne à ses chutes les noms de *cataractes*, de *saut*, de *rapides* et de *cascades*. Les trois premiers ne s'appliquent qu'aux grands cours d'eau; celui de cataractes indique ordinairement que le fleuve éprouve plusieurs chutes consécutives, tandis que celui de saut annonce une chute unique. Quant au nom de rapide, on l'emploie lorsque la chute n'est pas assez forte pour produire ce spectacle imposant qui attire l'attention sur les cataractes et les sauts, mais suffit pour intercepter la navigation, ou du moins pour la rendre dangereuse. On se sert du nom de cascades pour désigner les chutes des cours d'eau peu importants.

Les **eaux solides** peuvent être considérées comme *temporaires* ou *permanentes*, selon que leur état de solidité résiste ou ne résiste pas à la température de l'été. Celles de la première catégorie se composent des neiges qui tombent de l'atmosphère et des glaces qui se forment à la surface de la terre pendant les moments froids et qui se fondent lorsque la température devient plus chaude. Les autres forment les amas connus sous les noms de *neiges perpétuelles*, de *glaciers* et de *glaces fixes*.

Les **neiges perpétuelles** ne se remarquent que dans les lieux où la température moyenne est de trois à quatre degrés au dessous du zéro du thermomètre, de sorte que dans la zone torride elles ne peuvent exister qu'à une grande altitude, et que cette altitude tend en général à s'abaisser à mesure que l'on s'avance vers les pôles; mais la température étant modifiée par un grand nombre d'autres circonstances que la latitude et l'altitude, il y a beaucoup d'irrégularités dans la limite inférieure des neiges perpétuelles : ainsi, tandis que l'on estime qu'elle descend à 4 800 mètres d'altitude dans les Andes de Quito sous l'équa-

teur, elle n'atteindrait que 5 000 mètres dans certaines parties de l'Himalaya sous 30° de latitude nord. C'est également ainsi que dans l'Islande sous le 65e degré, la limite serait à 936 mètres, tandis qu'elle serait à 1 266 en Norvége, sous le 67e degré. Ces neiges se composent ordinairement d'un amas à peu près incohérent de petits grains analogues à ceux de grésil, et forment ainsi une espèce d'intermédiaire entre la neige ordinaire et la glace. On leur donne alors le nom de *névés*.

Les **glaciers** sont des amas de glace qui ont leur origine dans la région des neiges perpétuelles, mais qui, dans les vallées, se prolongent beaucoup plus bas, de sorte qu'ils présentent quelquefois des murs de glace qui sont, pour ainsi dire, ombragés par une brillante végétation. On désigne ces prolongements par les noms de *glaciers proprement dits*, *glaciers inférieurs* ou *glaciers d'écoulement*, tandis que les parties élevées sont distinguées par les dénominations de *glaciers supérieurs*, *mers de glace* ou *glaciers-réservoirs;* ces derniers, qui sont souvent plus généralement composés de névés que de glaces, ont quelquefois une étendue très considérable. Tel est celui du Mont-Blanc, qui a plus de 2 myriamètres de long. Les parties de glaciers qui reposent sur un sol à peu près horizontal présentent, en général, une surface unie; mais les parties qui reposent sur un sol inégal ou fortement incliné sont traversées par d'immenses crevasses et hérissées d'aspérités qui ressemblent à des pyramides ou qui prennent une foule d'autres formes plus ou moins bizarres. Les parties inférieures des glaciers sont composées d'une glace compacte plus ou moins fendillée, selon l'état de la température, mais les parties supérieures sont, comme les neiges perpétuelles, à l'état de névé.

On ne voit de glaciers dans les zones tempérées qu'à une altitude considérable; mais dans les régions polaires, ils s'avancent jusque dans la mer. Léopold de Buch estime que les glaciers n'atteignent la mer en Norvége que sous le 67e degré de latitude, tandis que M. Darwin en a observé dans le golfe de Lenas au Chili, sous 46° 40′ de latitude australe.

On donne, dans la Sibérie orientale, le nom de *tarinnes* ou *jattes de glace* à des amas de glace qui se forment dans des vallées ou même dans des plaines et qui se conservent également pendant l'été, quoique tout le sol environnant soit couvert de végétation. Ces amas, qui se forment dans le voisinage d'une source, diffèrent des véritables glaciers parce qu'ils ne se rattachent pas à des amas de neiges perpétuelles.

Les glaces qui couvrent les parties de mer qui ne dégèlent point en été portent le nom de **glaces fixes**, par opposition aux *glaces flottantes*, qui sont des amas de glaces qui flottent dans la mer, et rendent très

dangereuse la navigation dans les hautes latitudes. Les limites des glaces fixes sont très variables et ne sont, d'ailleurs, pas encore bien déterminées, d'autant plus que des glaces que l'on considère comme fixes, parce qu'elles ont traversé plusieurs étés, peuvent se rompre pendant une année plus chaude. En général, on rencontre peu de glaces fixes dans l'hémisphère boréal avant le 80e degré de latitude, mais elles s'avancent davantage dans l'hémisphère austral, où la navigation est déjà gênée dès le 60e degré par les glaces flottantes, et où le seul capitaine Ross a pu s'approcher du 79e degré. Les limites où s'étendent les glaces flottantes s'approchent aussi davantage de l'équateur dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal, car il ne paraît pas que dans ce dernier elles dépassent le 40e degré, tandis que dans l'autre, on en a vu dans le voisinage du 36e degré.

Rapports de positions entre les terres et les eaux. — Les différentes positions que les eaux prennent par rapport aux terres s'expriment par diverses dénominations données à ces dernières.

Ainsi, lorsqu'une vaste étendue de terre est contiguë sans être séparée par des bras de mer, on la nomme *continent;* si l'espace entouré par les eaux a une surface moins considérable, on l'appelle *île*, et, s'il est réduit à une très petite surface, on le désigne par le nom d'*îlot*. La réunion de plusieurs îles groupées à peu de distance les unes des autres forme un *archipel*.

Lorsqu'une partie de terre un peu considérable s'avance dans les eaux sans en être tout à fait entourée, on l'appelle *presqu'île* ou *péninsule :* si cette avance ne forme qu'une légère saillie, on la nomme *cap*, *promontoire* ou *pointe*. Lorsqu'une presqu'île ne tient à d'autres terres que par une bande resserrée, cette bande s'appelle *isthme*.

Les parties de terre qui avoisinent la mer sont nommées *côtes :* lorsqu'une côte se termine par une pente douce, on lui donne le nom de *plage;* tandis que l'on appelle *falaises* les escarpements qui forment la séparation des terres et des mers.

Si des parties solides qui s'élèvent dans les eaux ne sont pas constamment découvertes tout en s'approchant assez de la surface pour gêner la navigation, les marins leur donnent le nom de *bancs*, si elles sont formées de matières meubles, sur lesquelles les vaisseaux pourraient s'échouer (1), et ceux d'*écueils* ou de *récifs*, si elles sont formées de

(1) D'après cette définition, les *bancs* seraient à peu près la même chose que les *lagunes*. Cependant l'usage établit entre ces deux choses des différences qu'il est difficile d'exprimer. En général, le mot banc s'applique plus particulièrement aux élévations qui se trouvent au milieu des eaux, tandis que les lagunes touchent toujours aux terres, et y forment souvent des

matières cohérentes sur lesquelles les vaisseaux pourraient se briser, avec cette différence que les écueils sont plus particulièrement des rochers isolés au milieu de la mer, et les récifs, des espèces de bandes ou de ceintures qui se trouvent le long des terres et n'en sont séparées que par de petits bras de mer.

Les bancs qui se trouvent à l'embouchure des cours d'eau ont ordinairement une forme allongée, et sont placés en travers de manière à barrer le passage, d'où on les appelle *barres*.

Il y a aussi le long de certaines côtes, surtout dans le voisinage des lagunes et des grands cours d'eau, des langues de terre longues et étroites, formant des presqu'îles et des îles disposées sur une ligne ordinairement courbe qui tend à se rattacher à la côte par ses deux extrémités. Ces parties de terre sont désignées par diverses dénominations selon les localités, telles que *Nehrungen* sur les côtes de la Prusse, *Lidi* sur celles de Vénétie. Nous les appelons *barres diluviennes* pour des motifs qui seront exposés dans la géogénie.

Les parties de terre qui bordent les cours d'eau sont appelées *rives* et se distinguent en *rive droite* et *rive gauche*, en assimilant, pour l'application de ces deux mots, le cours d'eau à une personne qui marcherait dans la direction que suit l'eau. L'espace recouvert par le cours d'eau s'appelle *lit*, et ses bords *berge*. Les plaines qui se trouvent à l'embouchure d'un grand fleuve dans la mer et qui ne sont presque pas élevées au dessus de celle-ci se nomment ordinairement *delta*. Il y a aussi des plaines de ce genre à l'embouchure des cours d'eau qui se jettent dans des lacs ou des étangs, et on les désigne quelquefois par les noms de *queues de lacs* ou d'*étangs*.

On considère comme formant la *vallée* d'un cours d'eau l'enfoncement par lequel s'écoule ce cours d'eau, soit que cet enfoncement se compose d'une seule vallée proprement dite ou d'une série de vallées, de bassins, de cirques, de défilés, de gorges, de vallons ou même de dépressions si peu prononcées qu'elles ne mériteraient pas le nom de vallons et qu'elles seraient, pour ainsi dire, inaperçues s'il ne s'y trouvait pas un cours d'eau. Le fond d'une semblable vallée présente naturellement un plan continuellement descendant, à moins qu'il n'y ait une *perte*, c'est à dire que le cours d'eau entre dans une cavité souterraine pour reparaître plus loin; mais il ne s'ensuit pas que la direction des cours d'eau exprime la

espèces de golfes. De sorte que les bancs sont, en quelque manière, des lagunes de pleine mer, et les lagunes des bancs sur les côtes; mais il est à remarquer que l'on donne aussi le nom de banc, et pas celui de lagune, aux élévations isolées qui se forment sous l'eau à l'entrée d'un port ou d'un golfe, et qui gênent le passage des navires.

pente générale du sol. L'observation a prouvé, au contraire, que les cours d'eau traversent quelquefois des contrées dont le sol est généralement plus élevé que celui des lieux où ces cours d'eau ont pris naissance; il suffit qu'il y ait dans ce sol des vallées dont le fond soit plus bas que la source de ces cours d'eau. Parmi les nombreux exemples de cette circonstance, nous citerons la rivière d'Alten en Laponie, qui prend sa source à une altitude d'environ quatre cents mètres dans les régions basses qui s'étendent entre la chaîne des Dofrines et le golfe de Botnie, et qui, au lieu de suivre la pente générale du sol vers ce golfe, se dirige vers le nord et traverse la chaîne des Dofrines dans une partie où elle a une altitude moyenne de plus de 600 mètres.

L'ensemble des terres dont les eaux s'écoulent à la mer par un même fleuve forme le *bassin hydrographique* de ce fleuve. L'étendue de ces bassins est tout aussi irrégulière que celle des continents et des îles, car, tandis que certains cours d'eau, dont la source est près de la mer, ont un bassin hydrographique presque imperceptible, celui du fleuve des Amazones formerait un continent à lui seul. On nomme *arêtes* les lignes qui séparent les bassins hydrographiques entre eux, et, d'après ce qui vient d'être dit des rivières qui parcourent des contrées plus élevées que celles où elles ont pris naissance, on sent que ces arêtes sont loin de passer constamment par les points les plus élevés des bassins; on peut même dire qu'il est des lieux où elles n'existent que théoriquement et ne concordent avec aucune inégalité dans le sol; car il y a des plaines, des marais et même des lacs qui versent leurs eaux à des bassins hydrographiques différents. Cette circonstance se voit notamment en Pologne, au point de partage des eaux qui s'écoulent dans la mer Baltique d'un côté et dans la mer Noire de l'autre.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION ABRÉGÉE DE LA SURFACE DE LA TERRE

Nous parlerons en premier lieu des mers; nous passerons ensuite aux terres, en indiquant en même temps les principales eaux stagnantes et courantes que celles-ci renferment.

SECTION PREMIÈRE.

DES MERS.

Étendue. Les mers entourent toutes les terres et recouvrent près des trois quarts de la surface du globe; elles sont beaucoup plus abondantes dans l'hémisphère austral que dans l'hémisphère boréal ; car elles occupent près des sept huitièmes du premier, tandis qu'elles ne s'étendent que sur environ cinq huitièmes du second.

Division. Il y a beaucoup de variation dans la manière dont on distingue les mers. Nous les diviserons en cinq parties principales, sous les noms d'*océan Arctique*, d'*océan Atlantique*, d'*océan Pacifique*, d'*océan Indien*, et d'*océan Antarctique*.

L'océan Arctique, ou *mer Glaciale du nord*, occupe les environs du pôle boréal et ne s'étend, au sud du cercle polaire, que dans quelques petites dépendances. Il est peu connu, parce que la plus grande portion de l'étendue qu'on lui suppose est couverte de glaces, et que

les hommes n'y ont pas encore pénétré. Parmi ses dépendances nous citerons la *mer Blanche*, entre la Russie et la Laponie (1); la *mer de Kara*, entre la Sibérie et la Nouvelle-Zemble; la *mer Polaire*, au nord-ouest de l'Amérique et la *mer de Baffin*, plus connue sous le nom impropre de *baie de Baffin*, à l'ouest du Groenland.

L'océan Atlantique s'étend entre l'ancien continent, qui le borne à l'est, et l'Amérique, qui le borne à l'ouest, depuis le cercle polaire boréal jusqu'au 60e degré de latitude australe. On peut le diviser en trois portions, qui se rapportent aux zones astronomiques, c'est à dire, qui sont respectivement séparées par les tropiques, d'où on les distingue par les épithètes de *septentrionale*, d'*équinoxiale* et de *méridionale*. Parmi les dépendances de cet océan on peut citer la *mer du Nord*, entre la Norvége et les îles Britanniques; la *mer Baltique*, qui se prolonge à la suite de la mer du Nord, entre la Suède, l'Allemagne et la Russie; la *Manche*, entre l'Angleterre et la France; le *golfe de Gascogne*, entre la France et l'Espagne; la *Méditerranée*, qui s'avance entre l'Europe et l'Afrique; la *mer Noire*, qui se prolonge à la suite de la Méditerranée, entre l'Europe et l'Asie; le *golfe de Guinée*, vers la contrée de ce nom; la *mer des Antilles*, entre les îles de ce nom et le continent américain; le *golfe du Mexique*, entre la contrée de ce nom et la presqu'île de Floride; le *golfe Saint-Laurent*, entre la Nouvelle-Écosse et le Labrador; le *golfe des Esquimaux*, entre le Labrador et le Groenland; et la *baie d'Hudson*, à l'ouest du Labrador.

Quelques-unes de ces mers ont elles-mêmes des dépendances qu'il convient de mentionner ici. Telle est surtout la Méditerranée qui ne communique avec l'Océan que par le *détroit de Gibraltar*, et où l'on distingue, entre autres, le *golfe de Lyon*, entre la Catalogne et la Provence; le *golfe de Gênes*, qui s'avance dans l'Italie; la *mer Thyrrhénienne*, entre la presqu'île Italique, la Corse, la Sardaigne et la Sicile; la *mer Adriatique* ou *golfe de Venise*, entre l'Italie et la Dalmatie; la *mer Ionienne*, entre l'Italie et la Grèce; la *mer de Candie*, entre l'île de ce

(1) Il eût été plus rationnel de n'employer dans cette description des mers que des délimitations astronomiques, puisque le lecteur n'est pas encore censé connaître les divisions orographiques et hydrographiques, mais, comme on ne peut concevoir ces descriptions qu'en les suivant sur une carte, et qu'en général on trouve toujours sur celles-ci toutes les dénominations tirées de l'orographie et de l'hydrographie, il est assez facile, même pour les personnes qui n'ont aucune connaissance préliminaire de géographie, de trouver les choses que l'on veut désigner. D'un autre côté, l'énonciation des limites des mers, en termes purement astronomiques, serait bien plus difficile à retenir; de sorte qu'il m'a paru que, ici comme en beaucoup d'autres circonstances, il fallait sacrifier la régularité théorique à la facilité des moyens de parvenir au but que l'on se propose, et j'ai cru pouvoir suivre cette marche dans le reste de cet ouvrage.

nom et l'archipel Grec; la *mer Égée* (1), située entre l'Anatolie et la péninsule Slavogrecque, communiquant par l'*Hellespont* ou *détroit des Dardanelles* avec la *mer de Marmara* ou *Propontide*, laquelle est située entre la Thrace et l'Anatolie, et qui communique par le *détroit de Constantinople* ou *Bosphore de Thrace* avec la mer Noire.

Parmi les dépendances de cette dernière nous citerons la mer *d'Azov* ou *Palus Meotis* au nord-est de la Crimée, ainsi que les *golfes de Perekop* et d'*Odessa*, à l'ouest de la Crimée.

La mer du Nord présente le *canal de Jutland* ou *Skager-Rak*, entre la Norvége et le Jutland, et le *Cattegat*, entre la Suède et la Norvége et qui communique par les *détroits du Sund* et du *grand Belt* avec la mer Baltique. On distingue dans cette dernière, entre autres dépendances, les *golfes de Botnie*, de *Finlande*, de *Riga* et de *Dantzick*.

Le golfe de Guinée présente à son extrémité les *golfes de Benin* et *de Biafra*, séparés par le cap Formose.

Dans la mer des Antilles on distingue le *golfe de Paria*, le *golfe Triste*, celui de *Maracaïbo*, celui de *Darien*, la *baie des Mosquitos*, le *golfe de Honduras* et le *canal d'Yucatan*, qui communique avec le golfe du Mexique. Dans celui-ci se trouvent le *golfe de Campêche*, la *baie Chandeleur*, celle d'*Apalache*, ainsi que le *vieux* et le *nouveau canal de Bahama*, qui établissent la communication avec l'océan Atlantique. Le golfe des Esquimaux communique avec la baie d'Hudson par le *détroit d'Hudson* et par d'autres passages moins connus, et avec la mer de Baffin par le *détroit de Davis*.

L'océan Pacifique, aussi nommé *mer du Sud* et *grand Océan*, s'étend du détroit de Béring au nord jusqu'au 60e degré de latitude australe; il est borné à l'est par l'Amérique, et à l'ouest par l'Asie et la Nouvelle-Hollande. Les tropiques le divisent, comme l'océan Atlantique, en *septentrional*, *équinoxial* et *méridional*. Parmi ses dépendances nous citerons le *golfe de Panama*, entre l'Amérique méridionale et l'Amérique septentrionale; la *mer Vermeille* ou *golfe de Californie*, entre la presqu'île de ce nom et la partie principale du Mexique; la *mer de Béring*, entre le détroit de ce nom et les îles Aléoutes; la *mer d'Okhotsk*, entre la presqu'île de Kamtschatka et la Mandchourie; la *mer du Japon*, entre l'archipel du même nom et la Mandchourie; la *mer Jaune* et la *mer de Corée*, entre la presqu'île de ce nom, la Chine et l'île Formose; la *mer de*

(1) Les eaux que je désigne ici, avec les anciens, par le nom de *mer Égée*, sont plus généralement appelées *Archipel* par les marins modernes; mais, comme les géographes entendent par le mot d'*archipel* une réunion d'îles et non une mer, il ne me paraît pas convenable d'employer ce mot pour désigner la mer qui baigne les îles composant l'*archipel Grec*.

la Chine, entre la région de ce nom et les îles Philippines; la *mer de Mindanao*, entre ces mêmes îles Philippines et l'île de Bornéo; la *mer de Célèbes* ou *de Soulou*, entre les îles de Bornéo et de Célèbes; la *mer de Java*, entre l'île de ce nom et celle de Bornéo; la *mer des Moluques*, dans l'archipel du même nom; la *mer de Lanchidol*, entre cet archipel et la Nouvelle-Hollande, cette mer se termine au sud par le *golfe de Carpentarie;* nous citerons encore la *mer de Corail*, entre la Nouvelle-Hollande et les Nouvelles-Hébrides; la *mer d'Albion*, entre la Nouvelle-Guinée et les îles Salomon, etc.

L'océan Indien ou *mer des Indes* s'étend des côtes méridionales de l'Asie au 60ᵉ degré de latitude australe : il est borné à l'ouest par l'Afrique, et à l'est par la Nouvelle-Hollande.

Nous citerons, parmi ses dépendances, le *golfe de Bengale*, entre l'Indochine et l'Hindoustan; la *mer d'Oman* ou *golfe d'Arabie*, entre l'Hindoustan et l'Arabie; le *golfe Persique*, qui se prolonge de la mer d'Oman entre la Perse et l'Arabie; la *mer Rouge* ou *golfe Arabique*, qui s'avance entre l'Arabie et l'Afrique; le *canal de Mozambique*, qui sépare l'île de Madagascar du continent d'Afrique.

L'océan Antarctique ou *océan Austral* comprend le reste des mers, c'est à dire l'étendue située au sud du 60ᵉ degré de latitude australe, mais la partie qui est au sud du cercle polaire est encore peu connue, et souvent embarrassée par les glaces.

SECTION II.

DES CONTINENTS ET DES PARTIES DE LA TERRE.

Les terres ne forment pas beaucoup plus du quart de l'étendue de la surface du globe terrestre, et présentent trois massifs assez considérables pour mériter le nom de **continents**, mais de grandeur très inégale.

Le plus étendu, que l'on appelle *ancien continent*, renferme à lui seul plus des trois quarts des terres. Il est presque entièrement compris dans l'hémisphère situé à l'orient du méridien passant par l'île de Fer, et s'étend fort peu dans la partie australe de cet hémisphère.

Le second continent en grandeur, que l'on nomme *continent américain* ou *nouveau continent*, parce que les habitants de l'ancien ne l'ont connu, d'une manière régulière, que dans le XVᵉ siècle de l'ère chrétienne, ne contient pas beaucoup plus du tiers de l'étendue totale des terres; il est entièrement renfermé dans l'hémisphère occidental.

Le troisième continent, auquel on a donné les noms de *Nouvelle-Hollande*, de *continent Australien* et de *Notasie*, ne contient pas la quinzième partie de l'étendue totale des terres, ou moins du dixième de l'ancien continent ; il est situé dans la partie australe de l'hémisphère oriental.

Toutes les autres terres sont considérées comme îles, îlots et écueils ; mais il est à remarquer qu'il y a vers les pôles, surtout vers le pôle austral, des parties que nous ne connaissons pas, et qui sont assez étendues pour renfermer des terres plus grandes que la Nouvelle-Hollande.

On distribue assez généralement les terres en cinq **parties**, que l'on désigne par les noms d'*Europe*, d'*Asie*, d'*Afrique*, d'*Amérique* et d'*Océanie*.

Les trois premières sont formées de portions de l'ancien continent et de quelques îles voisines. La quatrième a le nouveau continent pour portion principale, et la cinquième se compose de la Nouvelle-Hollande et d'un très grand nombre d'îles qui en sont plus ou moins éloignées.

Nous allons dire successivement quelques mots de chacune de ces parties.

PREMIÈRE PARTIE DE LA TERRE. — EUROPE.

Position astronomique. — La portion continentale de l'Europe est située entre les 35e et 71e degrés de latitude boréale, et entre le 13e degré de longitude occidentale et le 64e degré de longitude orientale du méridien de Paris (1); mais, en y comprenant les îles qui en dépendent, cette partie de la terre s'étend jusqu'au 81e degré de latitude boréale et au 34e degré de longitude occidentale.

Limites. — L'Europe est baignée, au nord, par l'océan Arctique; à l'ouest, par l'océan Atlantique; au midi, par la Méditerranée; elle est bornée, à l'est, par une ligne sinueuse qui traverse la mer de Candie, la mer Égée, le détroit des Dardanelles, la mer de Marmara, le détroit de Constantinople et la mer Noire. Les limites suivent ensuite les cours du Kouban et du Terek (2), une partie des côtes de la mer Caspienne

(1) Comme presque toutes les cartes modernes écrites en français sont établies d'après le méridien de Paris, je crois devoir m'en servir dans cet ouvrage, quoique je trouve qu'il eût été préférable de continuer à compter d'après le méridien de l'île de Fer.

(2) Les géographes donnent ordinairement le faîte du Caucase pour limite de l'Europe, mais il me paraît que l'usage des chancelleries russes qui admettent les cours du Kouban et du Terek est beaucoup plus convenable, car, outre que ces cours sont géographiquement plus faciles à déterminer que le faîte d'une chaîne de montagnes, elles n'ont pas le désavantage de rompre les rapports géographiques, ethnographiques et politiques qui existent entre les deux versants du Caucase.

jusqu'à l'embouchure de l'Iaïk ou fleuve Oural, puis, le cours de ce fleuve, le faîte de la chaîne de l'Oural, la rivière de Kara et la mer de même nom.

L'**étendue** de l'Europe n'est que de 101 160 myriamètres carrés, et sa portion continentale **forme** une grande péninsule, attachée à l'Asie du côté de l'orient. Un de ses caractères les plus remarquables, et qui a sans doute exercé une grande influence sur sa civilisation, est la quantité de mers intérieures qu'elle renferme, ainsi qu'on a pu le voir à l'article précédent.

Ces diverses mers ou bras de mer y déterminent l'existence d'un grand nombre d'îles et de **presqu'îles**. Parmi ces dernières, il y en a quatre très considérables, savoir : la *péninsule Scandinave* au nord, les *péninsules Hispanique*, *Italique* et *Slavogrecque* au midi. Dans le nombre de celles de moindre grandeur, nous citerons le *Jutland*, entre la mer du Nord et la mer Baltique, la *Bretagne*, entre la Manche et le golfe de Gascogne, la *Crimée*, dans la mer Noire.

Parmi les **îles**, le groupe le plus important est celui des *îles Britanniques*, dans lesquelles se trouvent la *Grande-Bretagne* et l'*Irlande*, les deux plus grandes îles de l'Europe. On y distingue aussi beaucoup d'autres îles moins considérables; les unes, comme celles de *Wight*, d'*Anglesey*, de *Man*, d'*Arran*, d'*Illa*, de *Mull*, de *Skye*, etc., sont placées d'une manière plus ou moins isolée le long des côtes de la Grande-Bretagne; les autres sont réunies en groupes qui ont des noms généraux; telles sont les *Hébrides*, au nord-est, les *Shetland* et les *Orcades* ou *Orkney* au nord de la Grande-Bretagne.

Après les îles Britanniques, les *îles* les plus remarquables de l'Europe sont celles d'*Italie*, dans la Méditerranée, où se trouvent les trois grandes îles de *Sicile*, de *Sardaigne* et de *Corse*, ainsi que d'autres petites îles, parmi lesquelles on distingue l'*île de Malte*, l'*île d'Elbe*, les *îles Éoliennes*.

Les *îles de la Slavogrèce* sont aussi très importantes; on y distingue principalement la grande île de *Candie*, entre la mer de ce nom et la Méditerranée; les nombreuses îles de l'*archipel Grec*, dans la mer Égée; les *îles Ioniennes*, dans la mer du même nom; et les *îles de Dalmatie*, dans la mer Adriatique.

Nous citerons encore, dans la Méditerranée, les *îles Baléares*, dépendantes de l'Espagne.

La mer Baltique renferme aussi beaucoup d'îles; les plus importantes sont les *îles de Danemark*, dont les principales sont *Seeland*, *Fionie*, et *Lualand;* on y remarque également l'*île de Rugen*, près des côtes d'Alle-

magne; celles de *Bornholm*, *Œland*, *Gothland* et l'*archipel de Stockholm*, composé d'une grande quantité de très petites îles, près des côtes de Suède, l'île d'*Aland*, l'*archipel d'Abo*, l'île d'*Œsel* et celle de *Dago*, près des côtes de Russie.

Dans l'océan Arctique se trouvent l'île *de Vaigatz*, la *Nouvelle-Zemble*, terres peu connues au nord de la Russie, qui forment un archipel plutôt qu'une île unique, le *Spitzberg*, autre archipel situé entre les 77e et 81e degrés de latitude et les *îles* qui bordent les côtes *de la Norvège*, dont les principales portent le nom d'*îles Lofoden*.

Enfin nous citerons encore les *îles Feroe*, petit archipel dans l'Atlantique, au nord des îles Britanniques, et les *Açores*, qui sont entre l'Europe et l'Amérique.

Le relief de l'Europe présente un caractère important, c'est l'existence d'une vaste **plaine** qui traverse à peu près le **milieu** de cette partie de la terre de l'ouest à l'est depuis la mer du Nord jusqu'à la mer Caspienne, où elle s'abaisse de manière que son altitude y descend à environ 20 mètres en dessous du niveau de l'Océan. Cette plaine est surtout très développée dans sa partie orientale, où elle s'étend de l'océan Arctique à la mer Caspienne, et il s'en détache des espèces de rameaux qui s'avancent, comme des golfes, soit au milieu des contrées plus élevées soit entre celles-ci et les mers. Les plus importants de ces golfes terrestres sont la partie de la France souvent nommée *bassin de Paris* et la *plaine de Valachie*. Le sol de la grande plaine est loin d'être parfaitement horizontal dans toute son étendue; il présente au contraire, quelquefois des collines ou des plateaux sillonnés par des vallons plus ou moins prononcés. On remarque, notamment parmi ces petites élévations, les *collines* ou plateau *du Valdaï*, au milieu de la Russie, que l'on décore souvent du nom de montagnes, parce que c'est le point de départ de grands cours d'eaux qui s'écoulent respectivement dans quatre mers différentes mais leur altitude paraît être moindre de 350 mètres. Nous citerons également les élévations qu'on a nommées *monts de Finlande*, *monts Maanselka* et *monts* d'*Olonetz*, qui constituent, dans le nord ouest de la Russie, un massif dont l'altitude ne paraît pas dépasser 400 mètres; et deux petites chaînes, dans le nord est de la même région, lesquelles peuvent être considérées comme des dépendances de l'Oural et s'avancent dans la plaine en suivant la direction du nord-ouest. L'une désignée par le nom de *monts Timans*, s'étend des sources de la Petchora au cap Kanin sur l'océan Atlantique, l'autre est le *Pae-Choi* qui part du 68e degré de latitude et se prolonge dans l'île de Vaigatz, probablement même dans la Nouvelle-Zemble.

Les **parties montueuses** de l'Europe peuvent, jusqu'à un certain point, être divisées en seize groupes ou chaînes que, nous distinguons par les dénominations suivantes : Les *montagnes des îles Açores*, celles *des îles Feroe*, celles *du Spitzberg*, les *Dofrines*, les *montagnes des îles Britanniques*, les *montagnes Hispaniques*, les *montagnes Sardo-Corses*, celles *de Sicile*, les *Apennins*, les *Alpes*, les *monts Hercyniens*, les *Karpathes*, les *montagnes Slavogrecques*, celles *de Crimée* et l'*Oural*. Nous allons indiquer les principaux traits des quinze premières de ces divisions, en laissant la dernière pour l'article suivant, parce qu'elle appartient plus à l'Asie qu'à l'Europe (1).

Les **Açores**, les **iles Feroe** et le **Spitzberg**, sont, comme on l'a vu ci-dessus, trois petits archipels éloignés du continent. Leur sol est très montueux : l'*île Pico*, dans le premier de ces groupes, atteint l'altitude de 2 412 mètres; la *Pointe-Noire*, au Spitzberg, celle de 1 372; mais les îles Feroe ne paraissent pas dépasser beaucoup 600 mètres. Il est inutile d'ajouter que, vu sa latitude élevée, le Spitzberg est en grande partie couvert de glaces et de neiges perpétuelles.

Les **Dofrines** ou *montagnes de Scandinavie*, forment, une longue chaîne, dirigée du nord-est au sud-ouest, qui commence au *Nord-Kin*, l'extrémité la plus septentrionale du continent européen, pour se terminer au Skager-Rak. Elles présentent le long de la mer du Nord une côte escarpée découpée par une multitude de bras de mer et de golfes étroits, nommés *Fiords*, qui s'avancent quelquefois comme des rivières dans l'intérieur des terres et déterminent l'existence d'une foule d'îles, de petites péninsules et de caps.

Le versant oriental se compose, au contraire, de pentes très douces qui se perdent dans les plaines qui bordent le golfe de Botnie. Il résulte de cette disposition que les parties les plus élevées sont rarement au milieu de la chaîne, mais qu'elles sont souvent voisines de la mer du Nord et quelquefois même dans les îles qui bordent la côte. Ces montagnes se composent d'une série de plateaux ondulés, surmontés par des pics ou des crêtes et sillonnés par des vallées le plus communément transversales et quelquefois longitudinales ; celles-ci sont les plus étendues.

(1) La classification des montagnes est une chose d'autant plus difficile, que l'on est généralement tenté de combiner avec les considérations orographiques proprement dites, celles hydrographiques, géognostiques et geogéniques ; aussi règne-t-il beaucoup de divergence dans les divisions et les dénominations employées par les auteurs. Obligé de choisir entre ces diverses méthodes et ne me croyant pas les connaissances nécessaires pour créer une bonne classification des montagnes, j'ai pris pour règle de me conformer, autant que possible, à l'usage le plus ordinaire.

La partie septentrionale des Dofrines a une largeur ordinaire de 10 à 14 myriamètres, mais la chaîne s'élargit au sud du 63e degré de latitude où se trouvent les cimes les plus élevées, notamment l'*Ymesfield*, sous le 61e degré, haut de 2 605 mètres.

Les neiges perpétuelles sont très communes dans les Dofrines, surtout dans le milieu de la chaîne. L. de Buch y fixait leurs limites inférieures à l'altitude d'environ 1 600 mètres sous le 61e degré de latitude, à environ 1 200 mètres sous le 67e degré, à environ 1 000 mètres sous le 70e et à 700 sous le 71e. On y voit aussi des glaciers, et il en existe un, au pied du Kunnen, sous le 67e degré, dont les glaces sont baignées par les eaux de la mer.

Les **montagnes Britanniques** couvrent la partie septentrionale et occidentale des îles de ce nom. Leur direction a beaucoup de rapport avec les Dofrines; elles s'abaissent aussi en pentes douces vers l'est, tandis que, du côté de l'ouest, elles forment des côtes escarpées et découpées par une multitude de golfes, de canaux et de bras de mer qui y déterminent un grand nombre d'îles et de presqu'îles. Leurs diverses parties sont désignées par un grand nombre de dénominations particulières. On y distingue notamment les *monts Grampians*, qui occupent la partie septentrionale de l'Écosse, et les *monts Cheviots*, qui forment en partie la séparation de cette contrée et de l'Angleterre. Du reste, ce système n'atteint pas une grande élévation, et le sommet que l'on considère comme le plus haut de toutes les îles Britanniques est le *Ben-Nevis*, dans les Grampians, haut de 1 344 mètres.

Les petites *montagnes* ou collines de la presqu'île *de Bretagne*, dont l'altitude atteint tout au plus 300 mètres, forment un intermédiaire entre les îles Britanniques et le **plateau central de France**. Elles ne sont, en effet, séparées des premières que par la Manche, et du second que par une petite dépression du sol dans laquelle coule le Clain, et qui établit en quelque manière la communication du bassin de Paris avec la *plaine de Gascogne*.

La partie nord-ouest du plateau central est assez unie et d'une hauteur moyenne de 750 mètres; celle du nord-est, est, au contraire, fort entamée par des plaines : l'une des plus remarquables est la riche *Limagne d'Auvergne*, séparée, par les *montagnes du Forez*, des *plaines de Montbrison* et *Roanne*, traversées par la Loire, et qui, en se réunissant à la Limagne, forment la *plaine du Bourbonnais*, qui se lie à la partie sud-est du bassin de Paris. Entre ces *plaines* et celles où coulent le *Rhône* et la *Saône*, s'étendent les *montagnes du Lyonnais*, *du Beaujolais*, *du Morvan* et *de la Côte-d'Or*, dont l'altitude va successivement en s'abaissant,

et que l'on peut considérer comme séparées des dépendances des monts Hercyniens par les cours de l'Aube et de la Vingeanne.

La partie sud-est du plateau présente des chaînes plus élevées connues sous les noms de *montagnes d'Auvergne* et de *Cévennes*.

On distingue dans les premières trois groupes principaux : les *monts Dores*, dont le sommet le plus élevé, nommé le *Puy-de-Sancy*, atteint la hauteur de 1 886 mètres ; le *Cantal*, grosse masse conique, dont l'élévation est de 1 857 mètres, et les *monts Dômes*, qui forment une chaîne de montagnes coniques, dont le point culminant est le *Puy-de-Dôme*, haut de 1 467 mètres.

Les *Cévennes*, qui forment la chute du plateau central vers le golfe de Lyon et le cours du Rhône, se présentent en général sous la forme de plateaux terminés par des escarpements plus ou moins prononcés et surmontés dans la partie orientale par quelques chaînes ou sommités plus élevées. Leur point culminant est le *mont Mézin* près des sources de la Loire, qui atteint l'altitude de 1 766 mètres. La chaîne de la *Margueride*, qui lie les Cévennes avec les montagnes d'Auvergne, s'élève à 1 500 mètres. Le prolongement oriental des Cévennes, ou *chaîne du Pilas*, atteint l'altitude de 1 072 mètres et se rattache aux montagnes du Lyonnais, dont il est séparé par le cours du Gier. Le prolongement occidental, dont le point culminant est le *pic Nore*, haut de 1 256 mètres, porte le nom de *montagnes Noire* et se perd dans la plaine de Gascogne.

Au sud de cette plaine s'élèvent les **montagnes Hispaniques**, vaste plateau d'une hauteur moyenne de 700 à 900 mètres qui occupe toute la péninsule Hispanique, et sur lequel s'élèvent des cimes plus élevées dans lesquelles on peut reconnaître cinq systèmes ou chaînes dirigées de l'ouest à l'est et qui se distinguent assez nettement dans la partie occidentale, où ils sont, à quelques exceptions près, séparés par quatre grands cours d'eau, mais qui, du côté de l'est, présentent une telle confusion, que l'on y a aussi admis l'existence d'un sixième système, dont la direction formerait un angle droit avec celle des cinq autres. Toutefois ce système pourrait bien n'être que la chute du plateau sur la plaine ou vaste dépression dans laquelle coule l'Èbre (1).

(1) Je veux parler ici du *système* que Bory de Saint-Vincent désigne par l'épithète d'*Ibérique*, et qui se dirigerait, comme le cours de l'Èbre, du nord-nord-ouest au sud-sud-ouest. Ne connaissant pas les lieux, je suis bien loin de vouloir nier l'existence de ce système ; mais avant d'adopter une division qui se trouve en opposition complète avec l'uniformité de direction qui caractérise les autres systèmes de montagnes de la Péninsule, j'aimerais de savoir si le savant auteur que je viens de citer n'a pas été influencé par l'importance que beaucoup de géographes attribuent aux bassins hydrographiques, et si de nouvelles observations ne feront pas reconnaître que ce que l'on a pris pour une chaîne de montagnes ne serait pas une simple

Celui de ces systèmes qui est le plus au nord se compose des *monts Cantabres* et des *Pyrénées*. Les premiers forment la côte que borde le golfe de Gascogne au midi; leurs principales parties sont désignées par les noms de *monts d'Aralar*, *Sierra de Arazazu*, *monts d'Altube*, *Sierra de Salvada*, *Sierra Angana*, *Sierra Sejos*, *Sierra Cabadonga*, *Sierra Penaramela*, *Sierra Constantina*, *Sierra de Meyra*, *Sierra de Troncedo*, *Sierra de Quadramon*, *Sierra de Teeyra*, etc. Le faîte de cette chaîne étant peu éloigné de la mer, son versant septentrional n'a pas beaucoup d'étendue, mais son versant méridional présente des rameaux plus ou moins prolongés, qui se rattachent à ceux du second système, dont on les considère comme séparés par le cours du Duero. La cime la plus élevée des monts Cantabres paraît être la *Pena de Penaranda*, haute de 3 262 mètres.

Les *Pyrénées* forment le prolongement des monts Cantabres, depuis le golfe de Gascogne jusqu'à celui de Lyon. C'est une chaîne fort remarquable, dont le versant septentrional se détache nettement des contrées environnantes, du moins dans la partie occidentale qui est bordée par la plaine de Gascogne; car, dans la partie orientale, les contre-forts des Pyrénées, dont une portion prend le nom de *Corbières*, s'éloignent du faîte, et se terminent par des collines qui se lient avec les contre-forts des Cévennes, dont elles sont séparées par la dépression dans laquelle on a construit le canal de Languedoc. Les Pyrénées sont sillonnées par un grand nombre de vallées transversales, qui, en général, prennent naissance au faîte de la chaîne; les vallées longitudinales y sont peu étendues. On y voit beaucoup de cirques; l'un des plus remarquables par l'élévation et l'escarpement de ses bords, ainsi que par la beauté de la cascade qu'y forme le gave de Pau, est l'*Oule de Gavarnie*, ainsi nommé parce qu'il ressemble à une immense chaudière. Ces montagnes ne présentent en général que des crêtes étroites et des pics qui atteignent, dans le milieu de la chaîne, une hauteur considérable; tels sont le *pic de Néthou*, haut de 3 404 mètres, et le *Mont-Perdu*, de 3 351. Les cols ou, comme disent les habitants des Pyrénées, les *ports*, par où l'on peut franchir cette partie de la chaîne, sont aussi très élevés; tels sont le *port de la Paz*, haut de 3 298 mètres; celui d'*Oo*, 3 002; celui de *Gavarnie*, 3 333, etc.; mais la chaîne s'abaisse vers ses deux extrémités, et le col de Gorrity, que l'on considère comme formant la limite entre les

compare dans le plateau de Castille, et s'il ne serait pas possible, ainsi que je l'indiquerai ci-après, de voir dans le Mont-Serrat une continuation de la Sierra de Guadarama; dans la Sierra de Albaracin une continuation de la Sierra de Guadalupe; et dans la Sierra de Onil une continuation de la Sierra Moréna.

Pyrénées et les monts Cantabres, ne paraît pas avoir plus de 1 000 mètres de hauteur; néanmoins on trouve, dans la partie orientale, le *Canigou*, qui atteint encore une élévation de 2 785 mètres, quoiqu'il ne soit qu'à 7 myriamètres du point où la chaîne se termine.

Les hautes cimes des Pyrénées présentent des neiges perpétuelles, dont la limite inférieure est, d'après Ramond, à environ 2 700 mètres, du moins sur les pentes septentrionales, car il est rare que les neiges des pentes méridionales ne fondent pas entièrement pendant l'été. Il existe aussi quelques glaciers dans le milieu de la chaîne, mais ils sont restreints aux grandes hauteurs, et ne descendent pas dans les vallées profondes.

Le second système, que Bory de Saint-Vincent appelle *Carpetano-Vettonique*, porte dans la partie centrale, le nom de *Sierra de Guadarama*, d'où il se prolonge à l'ouest, sous diverses dénominations, telles que *Sierra de Avila*, *Sierra de Gredos*, *Sierra de Bejar*, *Sierra de Gata*, *Sierra de Estrella*, et se termine à la mer par divers chaînons qui occupent l'espace entre les embouchures du Duero et du Tage. La plus grande élévation de ce système paraît être dans la *Sierra de Gredos*, qui atteint la hauteur de 3 216 mètres. Les montagnes qui se prolongent à l'est de la Sierra de Guadarama portent les noms de *Sierra de Ayllon*, de *Sierra de Pela* et de *Sierra de Miledos*. A l'extrémité de celle-ci, la chaîne est interrompue par la dépression dans laquelle coule l'Èbre; mais, au delà de cette dépression, on trouve, dans la même direction, les *montagnes de la Catalogne*, qui pourraient, sous certains rapports, être considérées comme une dépendance du système qui nous occupe, et qui se rattachent, vers le nord, aux Pyrénées. L'un des points les plus remarquables est le *Mont-Serrat*, haut de 1 218 mètres.

Le troisième système a pour partie principale la *Sierra de Guadelupe*, située vers le centre de la Péninsule, et qui s'élève à l'altitude de 1 559 mètres; il se prolonge, à l'ouest, sous divers noms, tels que *Sierra de Montanchès*, *Sierra de San-Pedro*, *Sierra de San-Leon*, *Sierra de San-Mames*, etc. Le prolongement oriental porte le nom de *monts de Tolède*; mais ensuite le système est moins bien dessiné, ou moins bien connu; il semble cependant que l'on pourrait y rapporter la *Sierra de Albaracin* en Aragon, et d'autres massifs qui s'étendent jusqu'à la Méditerranée.

Au sud de la Sierra de Guadalupe se trouve la *Sierra Morena* ou *monts Marianiques*; grande chaîne de montagnes qui forme la chute du plateau central de l'Espagne vers la vallée du Guadalquivir, et qui se prolonge, à l'ouest, sous les noms de *Sierra Constantina* et de *Sierra de*

Aroche. C'est dans cette dernière partie que se trouve la cime la plus élevée du système, le *Cumbre de Aracena*, haut de 1 676 mètres. On peut aussi comprendre dans ce système la *Sierra de Calderao* et la *Sierra de Monchique* ou *monts Cunéiques*, qui se trouvent dans la même direction, et qui ne sont séparées des premières chaînes que par le cours de la Guadiana, rivière qui, après avoir coulé longtemps de l'est à l'ouest dans une dépression longitudinale, prend brusquement la direction du nord au sud pour passer entre la Sierra de Aroche et celle de Calderao. Il semble que l'on pourrait aussi voir un prolongement oriental de ce système dans la *Sierra de Alcaras*, dans la *Sierra de Onyl*, et même dans les *îles Baléares*, qui se trouvent sur la même direction, et présentent, entre autres, le *puig de Torella* dans l'île de Majorque, dont l'altitude est de 1 463 mètres.

Enfin, entre le Guadalquivir et la mer se trouve la *Sierra Nevada*, chaîne de montagnes qui doit son nom à la présence des neiges perpétuelles, et qui est la plus haute de l'Europe après les Alpes, l'une de ses cimes, le *Mulahasen*, atteignant la hauteur de 3 555 mètres.

Le prolongement occidental de la Sierra Nevada est connu sous les noms de *Sierra de Antequera* et de *Sierra de Ronda*, et celui de l'est sous le nom de *Sierra de Filabres*. Il se détache aussi de cette chaîne des rameaux ou contre-forts, dont l'un des plus remarquables porte le nom d'*Alpuxarras*.

Ce système, que Bory de Saint-Vincent désignait par l'épithète de *Bétique*, est peu découpé par des vallées, ce qui est cause que, malgré sa grande élévation, il présente des pentes assez douces.

La **Sardaigne** et la **Corse** sont deux îles qui forment, dans la Méditerranée, une petite chaîne de montagnes, dirigée du sud au nord, interrompue par le détroit de Boniface, et dont il se détache des rameaux transversaux. Le point culminant paraît en être le *Monte-Rotondo* en Corse, haut de 2 672 mètres.

La **Sicile** est aussi une île montueuse, séparée de la chaîne des Apennins par le phare ou détroit de Messine. Son point le plus élevé est l'*Etna*, grosse montagne isolée, de forme conique, dont l'altitude est de 3 237 mètres.

Les **Apennins** sont une grande chaîne de montagnes qui se détache des Alpes maritimes, vers le cours de la Roïa, en se dirigeant d'abord de l'ouest à l'est, à peu près parallèlement aux Alpes pennines et lépontiennes dont ils sont séparés par une *plaine* ou grande vallée arrosée par le *Po*, laquelle est, en quelque manière, le prolongement de la mer Adriatique. Les Apennins se recourbent ensuite vers le sud en traversant

la péninsule italique dans le sens de sa longueur. Leur point culminant est le *Gran Sasso d'Italia*, dans l'Abruzze, haut de 2 925 mètres, mais la chaîne est en général beaucoup moins élevée, et se présente le plus ordinairement sous la forme de croupes arrondies; cependant le versant méridional de la partie qui longe le golfe de Gênes se compose d'escarpements qui s'élèvent brusquement le long de la mer.

On considère habituellement les Apennins comme se bifurquant vers l'extrémité de la péninsule de manière que les deux branches embrassent le golfe de Tarente, mais M. Ponzi (1) voit dans ces deux branches des portions de deux chaînes latérales plus ou moins interrompues qui s'étendent des deux côtés de la chaîne principale; toutefois celle du versant septentrional ne serait représentée que par les *montagnes d'Apulie* et par le *mont Gargano* qui forme une espèce de cap dans la mer Adriatique, mais celle du versant méridional se composerait de toutes les montagnes qui bordent la côte de la péninsule le long de la mer Tyrrhénienne et qui ne sont, en quelque manière, interrompues que par les petites *plaines* qui se trouvent aux embouchures des principaux cours d'eau tels que l'*Arno*, le *Tibre* et le *Volturne*. Parmi les groupes de cette chaîne nous citerons : les *montagnes Apuennes*, celles *de Pise*, celles *du Campiglese* et le *monte Amiata* en Toscane, l'altitude de ce dernier est de 1 770 mètres, les *monts Cimines* et les *monts d'Albano* aux environs de Rome, les *montagnes de Gaëte*, le *Vésuve* près de Naples, les *montagnes de Sorente*, celles *de Calabre* qui se recourbent vers celles de Sicile dont elles ne sont séparées que par le phare de Messine. On peut aussi considérer comme dépendances de cette chaîne les îles qui bordent la côte, telles que l'île d'Elbe, l'île de Giglio, l'île Ponza, l'île d'Ischia, etc.

Les **Alpes** sont les montagnes les plus remarquables de l'Europe, tant sous le rapport de leur élévation que sous celui de leur étendue; elles forment une chaîne qui se prolonge du golfe de Lyon aux plaines de la Hongrie, en se dirigeant d'abord du sud au nord, et ensuite de l'ouest à l'est.

Il y a diverses manières de diviser les Alpes et de nommer leurs divisions. La partie occidentale, c'est à dire celle qui se dirige du sud au nord, est souvent divisée en *Alpes maritimes*, qui s'étendent de la mer au mont Viso, près des sources du Pô; en *Alpes cottiennes*, qui se prolongent de ce point au mont Cenis, en *Alpes graies*, qui se terminent avec le Mont-Blanc. La partie orientale, c'est à dire celle qui se dirige de l'ouest à l'est devenant plus large, on y distingue ordinairement la

(1) *Bull. de la Société géol. de France*, 1850, VII, 464.

série des chaînons septentrionaux de la série des chaînons méridionaux. Celle-ci se compose des *Alpes pennines*, qui s'étendent du Mont-Blanc au Mont-Rose; des *Alpes lépontiennes*, qui se prolongent jusqu'au Mont-Bernardin, près des sources du Rhin supérieur; des *Alpes rhétiques*, qui se terminent au Monte-Croce, près des sources de la Piave; et des *Alpes carniques*, que l'on pourrait considérer comme se prolongeant jusqu'à la partie inférieure du cours de la Mur, qui les séparerait des *montagnes de Bakony*, où l'on peut aussi voir une dépendance des Alpes, séparée des Karpathes par le cours du Danube (1). Dans la série des chaînons septentrionaux se trouvent les *Alpes bernoises*, au nord de la vallée du Rhône; les *Alpes de Saint-Gall*, au nord-ouest de la vallée du Rhin, et les *Alpes noriques*, que l'on considère ordinairement comme s'étendant du lac de Constance au Kahlenberg, près de Vienne. On distingue aussi, entre les Alpes noriques et carniques, sous le nom d'*Alpes styriennes*, un chaînon intermédiaire commençant vers les sources de la Mur et se rattachant au *Leythagebirge*, qui se prolonge entre la *plaine de Vienne* et celle *de Raab*, en Hongrie, jusqu'au Danube, qui le sépare des Karpathes.

D'autres fois on désigne simplement les portions des Alpes par les noms des contrées qu'elles traversent; c'est ainsi que l'on dit : les *Alpes piémontaises*, les *Alpes dauphinoises*, etc.; mais cette nomenclature a souvent l'inconvénient de séparer les deux versants d'un même chaînon.

Le *Mont-Blanc*, dont l'altitude est de 4 810 mètres, est la cime la plus élevée des Alpes et de l'Europe entière, lorsque l'on considère le Caucase comme appartenant entièrement à l'Asie. Parmi les autres cimes nous citerons le *Mont-Rose*, 4 636 mètres; *Finsteraarhorn*, dans les Alpes bernoises, 4 362; le *mont Viso*, 4 214; l'*Ortler* dans les Alpes rhétiques, 3 908; le *Gross-Glockner*, dans les Alpes noriques, près des sources de la Salzach, 3 791; le *Terglou*, dans les Alpes carniques, près des sources de la Save, 3 019; l'*Eisenhut*, dans les Alpes styriennes, 2 493. Dans le nombre des passages les plus fréquentés des Alpes, nous citerons le *col de Tende*, dans les Alpes maritimes, élevé de 1 795 mètres; le *mont Genèvre*, dans les Alpes cottiennes, 3 592; le *mont Cenis*, 2 066; le *grand Saint-Bernard*, dans les Alpes pennines, 2 491; le *Simplon*, dans les mêmes Alpes, 2 005; le *Saint-Gothard*, dans les Alpes lépontiennes, 2 075; le *Splügen*, dans les Alpes rhé-

(1) J'ai inséré dans les *Éléments de Géologie* une note pour justifier l'extension que je donne aux Alpes carniques, et faire connaître les motifs pour lesquels je n'étends pas la dénomination d'Alpes aux montagnes de Slavogrèce.

tiques, 1 925; le *Brenner*, dans les mêmes Alpes, 1 430; le *Loiblberg*, dans les Alpes carniques, 1 309; le *Semmering*, dans les Alpes noriques, 1 413.

Les parties les plus élevées des Alpes sont couvertes de neiges perpétuelles, qui commencent vers l'altitude de 2 700 mètres. On y voit aussi, surtout dans les environs du Mont-Blanc, des glaciers très étendus. En général, les Alpes par leur élévation, leurs escarpements, les pics décharnés qui forment plusieurs de leurs cimes, les neiges et les glaces qui en décorent d'autres, les eaux qui se précipitent en cascades de leurs sommets, les forêts et les pâturages qui recouvrent leurs flancs, présentent les effets les plus imposants et les vues les plus pittoresques de l'Europe. On y remarque beaucoup de vallées longitudinales plus ou moins étendues, mais généralement barrées à leurs extrémités et communiquant par des défilés transversaux, communément fort étroits, et dont les flancs sont ordinairement plus escarpés que ceux des vallées longitudinales.

Le versant sud-est des Alpes occidentales, après s'être séparé des Apennins, présente des pentes abruptes nettement détachées de la plaine du Po; mais à partir du lac de Garde les contre-forts s'élargissent et se rattachent à deux petits groupes de montagnes coniques nommées *Monti-Berici* et *monts Euganéens* et ensuite aux montagnes Slavo-grecques.

Le versant opposé comprend dans sa portion méridionale de puissants contre-forts qui recouvrent la plus grande partie de la Provence et du Dauphiné, et dans le nombre desquels nous citerons, en allant du sud au nord, les *Maures*, l'*Esterel*, le *Leberon*, le *mont Ventoux*. Il s'en détache ensuite, au nord du Rhône, un grand chaînon ou chaîne particulière, nommée *Jura*, qui va se rattacher aux monts Hercyniens, dont elle est séparée par le Rhin et par la dépression où passe le canal qui communique de ce fleuve à la Saône. Le Jura atteint au *Reculet* l'altitude de 1 717 mètres et est sillonné à ses extrémités par un grand nombre de vallées longitudinales dirigées, comme la chaîne, du sud-ouest au nord-ouest.

Entre le Jura et la continuation des Alpes s'ouvre une contrée plus basse ou *plaine* inégale qui se prolonge le long des Alpes au travers *de la Suisse*, *de la Souabe* et *de la Bavière*, jusque vers le confluent de l'Enns avec le Danube, où les Alpes ne sont plus séparées des monts Hercyniens que par le cours de ce dernier fleuve.

Nous entendons par **monts Hercyniens** l'ensemble des pays montueux qui s'étendent du bassin de Paris aux plaines de Pologne. Ce

système forme un grand nombre de chaînes et de groupes portant des noms particuliers. La partie occidentale est dirigée du sud-ouest au nord-est de même que le plus grand nombre des chaînes qui la composent, et, quoique cette direction se retrouve encore dans plusieurs des chaînes de la partie orientale, celle-ci peut être considérée comme ayant une direction générale du nord-ouest au sud-est, de sorte que l'ensemble du système présente la forme d'un arc de cercle, du moins du côté méridional ou interne; car, du côté externe ou septentrional il se détache une longue chaîne dirigée vers le nord-ouest que l'on peut considérer comme le prolongement ou plutôt comme le commencement du massif oriental.

La partie méridionale du massif occidental est partagée, par la *plaine* où coule le Rhin *de Bâle à Mayence*, en deux groupes que l'on envisage souvent comme deux chaînes dirigées du sud au nord. Celle de l'ouest se compose des *Vosges*, au sud de la Zorn; de la *Hardt* ou *basses Vosges*, au sud de la Primm; et des *montagnes de la Nahe*, au sud de la rivière de ce nom. Les Vosges sont un groupe de montagnes coniques qui atteignent, au *ballon de Sulz*, l'altitude de 1 430 mètres. La Hardt se compose d'une série de plateaux moins élevés, sillonnés par des vallées à flancs escarpés, semblables à des murs flanqués de grosses tours. Les montagnes de la Nahe présentent, comme les Vosges, des élévations coniques, dont l'une, le *Donnersberg*, atteint l'altitude de 679 mètres. L'ensemble de cette chaîne se dessine par des pentes rapides du côté de la plaine, mais sur le versant opposé elle s'abaisse lentement vers le bassin de Paris par l'intermédiaire des *plateaux de la Lorraine occidentale* et se rattache par les *monts Faucilles* et le *plateau de Langres* au plateau central de la France.

De l'autre côté de la plaine d'entre Bâle et Mayence se trouve, en face des Vosges, le *Schwarzwald* ou *forêt Noire*, montagnes qui ont beaucoup de ressemblance avec les Vosges et dont le point culminant est le *Feldberg*, haut de 1 493 mètres. Il se détache de la partie sud-est de ce groupe une chaîne étroite que l'on appelle *Rauhe Alb* ou *Alpe de Souabe* ou *Jura allemand* parce qu'elle forme le prolongement du Jura. Elle atteint l'altitude de 1020 mètres au *Hohenberg*, près de Rotweil.

Une dépression que le sol éprouve vers le cours de la Prints, au nord du Schwarzwald, sépare ce groupe de l'*Odenwald* et du *Spessart*, autres groupes placés dans la même direction, et dont les points culminants sont le *Katzenbuckel* et le *Geiersberg*, hauts de 625 et 617 mètres.

La partie septentrionale du massif occidental des monts Hercyniens commence par un vaste plateau qui s'étend des sources de l'Oise à

celles de la Diemel, et qui n'est coupé que par des vallées étroites. La portion de ce plateau comprise entre les sources de l'Oise et celles de la Kyll porte le nom d'*Ardenne* et atteint, aux *hautes Fagnes*, près de Malmedy, l'altitude de 695 mètres. Entre l'Ardenne et le Rhin se trouve l'*Eifel*, où le plateau est surmonté par des élévations coniques, dont l'une, le *Hohen-Acht*, près d'Adenau, a 760 mètres. La Moselle sépare l'Eifel du *Hundsrück*, qui se lie aux montagnes de la Nahe et dont une des crêtes, l'*Erbsenkopf*, s'élève à 758 mètres. On peut également distinguer dans la partie du plateau situé sur la rive droite du Rhin, trois parties principales, savoir : le *Taunus* ou *Hæhe*, entre le Mein et la Lahn, lequel atteint, au *Gross-Feldberg*, l'altitude de 880 mètres. Le *Westerwald*, entre la Lahn et la Sieg, et le *Sauerland* au nord, dont l'altitude ne paraît pas surpasser 563 mètres, qui est celle du *Heinberg* près Friedenwald.

A l'est de ce grand plateau, le sol éprouve des dépressions plus ou moins étendues et qui séparent divers groupes de montagnes parmi lesquelles nous citerons le *Vogelsgebirge*, le *Rœhngebirge* et l'*Habichtswald*, qui se distinguent par une grande quantité de sommets coniques et qui atteignent, au *Dammersfeld*, dans le Rœhngebirge, l'altitude de 923 mètres.

Le massif oriental, prolongé comme nous l'avons indiqué ci-dessus, a la forme d'un triangle allongé, dont le sommet s'élève au milieu de la grande plaine vers le confluent de l'Ohre avec l'Ems, et commence par une longue chaîne fort basse que l'on peut envisager comme formée de trois chaînons parallèles : le principal, au sud-ouest, est le *Teutoburgerwald;* le second, au milieu, qui est à peu près aussi étendu, est quelquefois désigné par la dénomination de *montagnes du Weser* ou de *chaîne de la Porta Westphalica*, du nom d'une coupure traversée par le Weser ; le troisième, au nord, n'est qu'un petit chaînon, entre Minden et Hanovre, appelé *Deister*. A la suite des montagnes du Weser s'élève le *Harz*, groupe à peu près isolé qui atteint au *Brocken* l'altitude de 1 140 mètres. Le Harz est séparé par le *plateau de la Thuringe*, du *Thuringerwald*, chaîne qui se trouve sur le même alignement que le Teutoburgerwald et dont le point culminant est le *Gross-Beerberg*, élevé de 1 046 mètres. En continuant la même direction, on trouve le *Frankenwald*, puis le *Fichtelgebirge*, et enfin la grande chaîne du *Bœhmerwald*, qui, comme nous l'avons dit, n'est séparé des contre-forts des Alpes noriques que par le cours du Danube, et qui atteint au *Rachel* l'altitude de 1 451 mètres.

Du côté nord-est du triangle, une espèce de golfe de la grande *plaine* interrompt, aux environs *de Leipsick*, la continuation du Harz avec les

montagnes de la Lusace, qui sont suivies par le *Riesengebirge* ou *montagnes des Géants*, et ensuite par les *Sudètes* lesquels ne sont séparés des Karpathes que par le cours de l'Oder. Le point le plus élevé de cette chaîne, et en même temps de tous les monts Hercyniens est le *Schneekoppe* dans le Riesengebirge, haut de 1 608 mètres. Cette chaîne est liée avec la chaîne occidentale par deux chaînons dirigés du nord-est au sud-ouest : l'un, au midi, lie les Sudètes au Bœhmerwald, c'est le *Mæhrischegebirge* ou *monts Moraves*, séparés des Karpathes par la Marsch, et qui atteint, au *Fleckenstein*, l'altitude de 1 340 mètres; l'autre, plus au nord, est l'*Erzgebirge* ou *monts Métalliques*, dont le point culminant est le *Keilberg*, haut de 1 241 mètres et qui lie les montagnes de Lusace avec le Fichtelgebirge. Cette espèce de parallélogramme renferme un sol moins élevé, que l'on appelle souvent la *Plaine de Bohême*, quoiqu'il soit d'ailleurs fort inégal.

Les **Karpathes** ou *monts Krapacks* forment, comme on a déjà pu le voir, le prolongement des Alpes et des monts Hercyniens dont elles ne sont séparées que par les cours du Danube, de la Marsch et de l'Oder. Elles décrivent, entre les 14e et 24e degrés de longitude orientale, un arc de cercle dirigé de l'ouest à l'est, dont la convexité est tournée vers le nord. La partie occidentale se divise ordinairement en deux portions : les *petites Karpathes* ou *montagnes de Pœsing*, qui sont peu élevées et s'étendent entre la *plaine de Moravie* à l'ouest et celle *de Raab*, en Hongrie, à l'est; les *Beskides* ou *monts de Jablunka* qui se lient à l'ouest avec les Sudètes. Le reste de la chaîne est ensuite borné au nord et à à l'est par la grande plaine d'Europe, dont elle se détache d'une manière uniforme et nette, en présentant néanmoins des pentes assez douces. Mais le versant intérieur ou méridional est plus compliqué, et il s'en détache de puissants rameaux, ou plutôt la chaîne forme des renflements considérables qui s'avancent dans la plaine. Il y a notamment, vers le milieu de la chaîne, entre la Vaag et la Theiss, un massif considérable dont le groupe principal porte le nom de *Tatra*, dans laquelle se trouve la *pointe de Lomnitz*, haute de 2 701 mètres. Ce massif se prolonge jusqu'au Danube, qui le sépare des montagnes de Bakony. Un autre massif, dans lequel se trouvent les *montagnes de Bihar*, sépare la *plaine de la Theiss* de celle *de Transylvanie*, à l'est de laquelle la chaîne extérieure des Karpathes paraît atteindre sa plus grande élévation, au *Budosch-Hegy* ou *montagne puante*, haute de 2 924 mètres. Un peu au sud de cette cime, la chaîne se perd dans la plaine, ou plutôt elle se recourbe presque à angle droit pour former un grand chaînon, souvent appelé *montagnes de Fagaras*, et quelquefois *Alpes bastarniques*, lequel est

dirigé de l'est à l'ouest en se rattachant aux montagnes de Bihar, qui ne sont séparées de celles de Servie que par le cours du Danube.

Les **montagnes** que nous désignons par l'épithète de **Slavogrecques** s'étendent sur presque toute la vaste région comprise entre la mer Adriatique et l'Asie. Elles se rattachent au nord-ouest aux Alpes carniques et aux montagnes de Fagaras, et ne sont séparées des montagnes du milieu de l'Asie, à l'est, que par des bras de mer plus ou moins étroits. Ces montagnes sont fort compliquées et peu connues, de sorte qu'il est difficile d'en donner une idée générale. Peut-être qu'il y a lieu d'y distinguer une chaîne médiane dirigée du nord-ouest au sud-ouest avec des chaînes latérales, dirigées en divers sens et plus ou moins ramifiées.

On peut diviser ce que nous considérons comme la chaîne médiane en quatre parties, savoir : les *montagnes Juliennes* de l'Isonzo à la Dobra, les *montagnes Dinariennes* de la Dobra à la Narenta, les *montagnes Scordiennes* de la Narenta à l'Isker (1), et les *montagnes Rhodopiennes* ou *Despoto-Dagh* de l'Isker au détroit des Dardanelles. Ces divisions paraissent avoir respectivement pour points culminants le *Snisnik* ou *Schneeberg*, haut de 2 300 mètres, le *Dinara* 1 760, le *Kom*, 2 500, le *Rilo-Dagh*, 2 500.

Les *montagnes Juliennes*, resserrées entre la mer et les Alpes Carniques prolongées, ainsi qu'il est dit ci-dessus, n'ont pas un grand développement et se rattachent au nord-est aux *montagnes de Warasdin* qui forment un chaînon parallèle, lequel se détache également du prolongement des Alpes carniques, dont nous les considérons comme séparées par la dépression où coule la Draen, et se prolonge entre les *plaines* des bords *de la Save* et celles des bords *de la Drave*. Plus à l'est, dans la même direction, on trouve, vers le confluent de la Drave avec le Danube, le petit groupe de *Phrousca-Gora*, dont l'altitude est d'environ 800 mètres et qui s'élève au milieu d'une contrée basse et unie, dépendant de la grande plaine de la Theiss.

Le versant septentrional des montagnes Dinariennes et Scordiennes tend à se développer à mesure que l'on s'avance vers l'est et forme de puissants contre-forts, qui sont peut-être des rides parallèles à la chaîne médiane, mais que l'existence de vallées transversales fait considérer

(1) J'avais pendant quelque temps limité les montagnes scordiennes au Drin, mais je considère cette délimitation comme défectueuse, parce qu'elle laisse en dehors le *Schar*, qui paraît être le véritable *Scordus* ou *Scardus* des anciens; ensuite parce qu'elle fait avancer les montagnes Rhodopiennes beaucoup plus à l'ouest que le Rhodope et qu'elle ne concorde pas avec l'origine du Balkan. A la vérité, la démarcation que je propose ici a l'inconvénient de ne prendre aucun égard aux fortes dépressions dans lesquelles se trouvent Prisrind et Pristina.

comme des rameaux perpendiculaires dirigés du sud au nord; ces rameaux de *montagnes* qui couvrent la plus grande partie *du nord de la Bosnie et de la Servie*, se terminent aux *plaines de la Drave et de la Save*, à l'exception du plus oriental qui se rattache aux montagnes de Fagaras, en séparant la *plaine de la Morava* de celle *de la Bulgarie*.

Vers le point où ce rameau se lie à la chaîne médiane, il s'en détache aussi une grande chaîne latérale, dirigée de l'ouest à l'est, connue sous le nom de *Balkan* ou *Hémus*. Sa partie occidentale ou *grand Balkan*, atteint l'altitude de 1 800 mètres, mais le petit *Balkan* s'abaisse successivement jusqu'à la mer Noire, où il se termine par le cap Emineh. Le versant septentrional de cette chaîne se compose de gradins qui s'abaissent lentement vers la plaine de Valachie, mais le versant méridional présente des pentes plus rapides vers la *plaine de Thrace*.

Un rameau, quelquefois désigné sous le nom de *Grandsia* et dirigé du nord-ouest au sud-est, entre la mer Noire et la plaine de Thrace, s'étend du Balkan au détroit de Constantinople, qui le sépare des montagnes du milieu de l'Asie.

Le versant méridional des montagnes Dinariennes et de la partie occidentale des montagnes Scordiennes est beaucoup plus étroit que le versant septentrional, et forme, le long de la mer Adriatique, une côte escarpée, entamée par de nombreux golfes ou bras de mer qui donnent naissance à beaucoup d'îles et de presqu'îles; mais ensuite ce versant, ainsi que celui des montagnes Rhodopiennes, deviennent un vaste massif montueux qui couvre le sol de l'Albanie, de la Macédoine, de la Thessalie et de la Grèce; on peut y distinguer une longue chaîne dirigée du nord au sud et des rameaux dirigés en divers sens, surtout de l'ouest à l'est et du nord-ouest au sud-est. La chaîne principale, qui s'étend des montagnes Scordiennes au cap Matapan ou Ténare à l'extrémité de la Morée, a pour point culminant le *Pinde* ou *Mont-Mezzovo* ou *Mont-Grammos*, dont l'altitude est d'environ 2 800 mètres.

Parmi les chaînes latérales nous citerons celles où se trouve l'*Olympe* ou *Mont Lacka* ou *Tchélé Keschisch*, si célèbre dans l'antiquité et dont l'altitude est d'environ 2 000 mètres. Cette chaîne sépare la *plaine de Thessalie* de la mer Égée, et son prolongement forme l'*île d'Eubée* ou *de Négrepont*. Tout ce massif est aussi fortement entamé par les eaux de la mer Ionienne et de la mer Égée qui y déterminent l'existence d'un grand nombre de golfes, de presqu'îles et d'îles. Parmi ces dernières celles qui forment l'*archipel grec* et *l'île de Candie*, où se trouve le *Mont-Ida* ou *Psiloriti*, haut de 2 339 mètres, peuvent être considérées comme établissant une liaison avec les montagnes de l'Asie.

Les **montagnes** qui occupent la partie méridionale de la presqu'île **de Crimée** forment, en quelque manière, l'intermédiaire entre les Karpathes et le Caucase et ne sont séparées de ce dernier que par le détroit de Kertsch. Leur point culminant est le *Tchatir-Dagh*, dont l'altitude paraît être d'environ 2 000 mètres.

L'Europe est arrosée par une multitude de **cours d'eau** dont l'existence a puissamment contribué au développement de sa population. Le plus grand de ses *fleuves* est le *Volga*, qui prend sa source dans la grande plaine de Russie et se jette dans la mer Caspienne. Cette mer reçoit aussi l'*Iaïk* ou *fleuve Oural*, la *Kouma* et le *Terek*. Parmi les fleuves qui, comme le Volga, prennent naissance dans la grande plaine de Russie et coulent du nord au sud, nous citerons le *Don*, qui se jette dans la mer d'Azov, et le *Dnieper*, qui se jette dans la mer Noire. Cette mer reçoit également le *Kuban*, venant du Caucase; le *Dniester*, venant des Carpathes; et le *Danube*, qui est le second fleuve de l'Europe pour l'étendue, et qui traverse tout le midi de l'Allemagne en présentant cette particularité qu'il est, avec ses affluents, le seul grand cours d'eau de cette région qui coule de l'ouest à l'est. Beaucoup de fleuves de l'Europe coulent du sud au nord; les uns, comme la *Petchora*, le *Mezen*, la *Dvina*, l'*Onéga*, se jettent dans l'océan Arctique; d'autres, comme la *Duna*, le *Niemen*, la *Vistule*, l'*Oder*, se jettent dans la mer Baltique; d'autres, comme l'*Elbe*, le *Weser*, l'*Ems*, le *Rhin*, la *Meuse*, l'*Escaut*, se rendent à la mer du Nord. Cette mer, et surtout la Baltique, reçoivent un grand nombre de *cours d'eau* qui descendent des montagnes *de Scandinavie*. Parmi les cours d'eau de la Grande-Bretagne, on remarque la *Tamise* et l'*Humber*, qui s'écoulent dans la mer du Nord; la *Severn*, qui, de même que le *Shannon*, en Irlande, se jette dans l'océan Atlantique. Ce dernier reçoit, sur les côtes de France, la *Seine*, la *Loire*, la *Charente*, la *Gironde*; et, sur celles d'Espagne, le *Duero*, le *Tage*, la *Guadiana*, et le *Guadalquivir*. La Méditerranée reçoit, sur les côtes d'Espagne, la *Segura*, le *Xucar*, l'*Èbre*; sur celles de France, le *Rhône*; sur celles d'Italie, l'*Arno* et le *Tibre*. La mer Adriatique reçoit le *Po*, qui est le principal fleuve de l'Italie, la *Narenta*, et le *Drin*, venant de la péninsule Slavogrecque. Enfin, la mer Égée reçoit, entre autres, le *Vardar* ou *Axius*, le *Strymon* ou *Karassou*, la *Maritza* ou *Hebrus*.

Parmi les nombreux affluents de ces fleuves, nous citerons seulement la *Kama* et l'*Oka* pour le Volga; le *Pruth*, la *Theiss*, la *Save*, la *Drave*, l'*Inn*, pour le Danube; le *Boug* ou *Hypanis*, pour le Dnieper; le *Manitsch*, le *Donetz*, le *Khoper*, pour le Don; le *Bug*, pour la Vistule;

la *Wartha*, pour l'Oder; le *Mein* et la *Moselle*, pour le Rhin; la *Garonne*, pour la Gironde.

L'Europe renferme un grand nombre de **lacs**. Ces amas d'eau sont surtout extrêmement abondants dans le nord-ouest de la Russie et dans la Suède, où ils couvrent une partie considérable du sol : c'est là aussi que se trouvent les plus grands *lacs*, tels sont ceux *de Ladoga*, *d'Onéga*, *de Peypus*, dans la première; *de Wener*, *de Melar*, *de Welter*, dans la seconde de ces régions. Les montagnes des Alpes renferment aussi plusieurs *lacs* importants; tels sont ceux *de Genève* ou *Léman*, *de Neuchâtel*, *de Thun*, *des quatre Cantons*, *de Zurich*, *de Constance* ou *Bodensee*, en Suisse; les *lacs Majeur*, *de Côme* et *de Garde*, en Italie; les *lacs Balaton* et *de Neusidler*, en Hongrie. Nous citerons encore les *lacs de Scutari*, *d'Occhrida*, *de Janina*, dans la Slavogrèce.

Subdivision de l'Europe. — L'*Europe* peut être partagée en deux grandes portions : l'une *occidentale*, l'autre *orientale* (1), qui, de leur côté, peuvent se subdiviser en quinze régions; savoir : dans l'Europe occidentale, le *Spitzberg*, les *îles Feroe*, les *îles Britanniques*, les *îles Açores*, l'*Espagne*, la *France*, l'*Italie*, l'*Allemagne*, le *Danemark*, la *Scandinavie*, et dans l'Europe orientale la *Russie*, la *Pologne*, la *Hongrie*, la *Dacie* et la *Slavogrèce* (2).

(1) On divise souvent l'Europe en septentrionale, centrale et méridionale; mais la division en occidentale et orientale, employée par Balbi, me paraît préférable; car elle est en partie tracée par la mer Baltique et la mer Adriatique, et elle évite de partager la grande région entre la mer Blanche et la mer Noire, que l'usage réunit ordinairement sous le nom de Russie.

(2) Les dénominations dont on se sert ordinairement pour désigner les diverses divisions de la terre, sont établies d'après deux principes différents et souvent opposés, le *principe purement géographique* et le *principe politique*. Le premier de ces principes détermine seul la division de premier rang, c'est à dire en cinq parties, et celles de deuxième rang, qui distingue dans chacune de ces parties deux ou trois portions; mais, lorsqu'il s'agit de divisions moins étendues, on fait ordinairement usage des démarcations politiques des États ou fractions d'États qui établissent des rapports dont les hommes s'occupent dans une foule de circonstances. Cependant, comme ces divisions rompent fréquemment les rapports naturels et varient à chaque instant par l'effet des guerres et des révolutions, on fait usage de divisions purement géographiques, lorsqu'il s'agit de contrées nettement dessinées par des circonstances géographiques ou de pays dans lesquels les sociétés politiques sont fort variables. C'est ainsi, par exemple, que, malgré le pouvoir que les Français et les Allemands ont exercé dans certaines parties de la région au sud des Alpes, on a toujours vu l'Italie dans toute cette région. Il est résulté de cet état de choses que les géographes, obligés de choisir au milieu de ces usages contradictoires, se sont, en quelque manière, fait chacun un système particulier, qui tenait plus ou moins de l'un ou de l'autre principe, d'après leur point de départ ou la tournure de leur esprit. Dans ma manière de voir, il convient d'avoir des subdivisions de chaque partie de la terre en régions et contrées géographiques qui soient tout à fait indépendantes des divisions politiques, mais je pense en même temps que, pour se rapprocher autant que possible de l'usage ordinaire et pour éviter de créer des noms nouveaux ou de se servir de dénominations inusitées, on peut, lorsque les circonstances s'y prêtent, désigner ces régions par le nom de l'État dont le territoire en forme le noyau, et lui donne, en quelque manière, ses caractères généraux. C'est d'après ces principes que j'ai établi les régions dont les noms sont indiqués ci dessus. Je crois, du reste, pouvoir me dispenser de rapporter ici les motifs que j'ai invoqués pour justifier quel-

DEUXIÈME PARTIE DE LA TERRE. — ASIE.

Position astronomique et limites. — L'Asie est située entre le 78e degré de latitude boréale et le 11e degré de latitude australe, et entre le 23e degré de longitude orientale et le 171e degré de longitude occidentale. Elle est baignée au nord, par l'océan Arctique ; à l'est par le détroit de Béring, la mer de ce nom, l'océan Pacifique et la mer de Lanchidol ; au sud, par l'océan Indien ; enfin elle est bornée, à l'ouest par le détroit de Bab-el-Mandeb, la mer Rouge, l'isthme de Suez, la Méditerranée et les limites orientales de l'Europe indiquées ci-dessus (1).

Étendue et forme. L'Asie est la plus grande des parties de la terre : elle contient à elle seule plus de la moitie de l'ancien continent et le quadruple de l'Europe, sa surface étant de 449 000 myriamètres carrés. Sa plus grande longueur est, de même que celle de l'Europe, dans le sens de l'ouest à l'est.

Quoique moins entamée par des mers intérieures que l'Europe, la

ques innovations, et je prierai les personnes qui voudraient juger cette partie de mon travail, de recourir aux notes insérées à ce sujet dans les deuxième et troisième éditions de mes *Éléments de Géologie*. Le peu d'avantage qu'il y a pour des commencants de connaître les limites fixes de ces créations d'auteur et la facilité avec laquelle on peut trouver ces régions sur une carte, m'ont également porté à ne pas reproduire ici leurs positions astronomiques et leurs limites ; je dirai seulement que ces limites sont généralement tirées de circonstances géographiques, c'est à dire de mers ou bras de mers, de rivières, de faîtes de montagnes, d'isthmes, etc. ; et, pour les personnes qui n'auraient pas en main le petit Atlas de la *division de la terre en régions géographiques*, qui accompagne l'édition de 1839, j'ajouterai, en note, les moyens de retrouver sur les cartes statistiques ordinaires l'emplacement de celles de mes régions dont les dénominations ne concordent pas avec les noms écrits sur ces cartes.

Je dirai, en conséquence, ici, que par *Dacie* j'entends une région bornée à l'ouest par le faîte des montagnes de Bihar, au nord par le Czeremosch et le Dniester, à l'est par la mer Noire, au sud par le Danube ; ce qui comprend la Transylvanie, la Valachie, la Moldavie et la Bessarabie. J'entends par *Slavogrèce* la vaste péninsule et les nombreuses iles comprises entre la mer Adriatique et l'Asie, région qui est bornée au nord par le Danube, la Drave, le faite des Alpes carniques ; à l'ouest par l'Isonzo, la mer Adriatique, la mer Ionienne, et des autres côtés par les limites de l'Europe. Ce territoire est partagé, sous le rapport politique, entre l'empire Ottoman, l'empire d'Autriche, le royaume de Grèce et la république des iles Ioniennes.

(1) La plupart des géographies et des cartes françaises donnent moins d'extension à l'Asie que la délimitation indiquée ci-dessus, parce qu'elles rangent dans l'Océanie la Malaisie, c'est à dire les îles de la Sonde, les iles Philippines et l'archipel des Moluques ; mais il m'a paru que la marche des géographes qui continuent à placer ces terres dans l'Asie était plus rationnelle ; car, si on les considère sous le rapport de leur position, on remarque qu'elles embrassent, en quelque manière, la presqu'île de Malacca, qui fait partie du continent asiatique, et, si on les envisage sous le rapport orographique, on ne peut s'empêcher de voir dans Sumatra un prolongement des montagnes de l'Indochine et dans les Philippines, Bornéo, etc., une partie de la grande chaîne ou plutôt du grand système de montagnes formé par le Kamtschatka, les îles Kouriles, les îles du Japon, les îles Lieou Kieou. On pourrait dire, en troisième lieu, que, pour être conséquent dans le principe qui a fait séparer de l'Asie les trois archipels dont il s'agit, on aurait dû en faire autant de celui du Japon, qui se trouve absolument dans les mêmes relations, et que l'on a cependant laissé avec l'Asie.

partie continentale de l'Asie se termine de même, au midi, par trois grandes **péninsules**; savoir celles *de l'Arabie*, *de l'Hindoustan* et *de l'Indochine*. Deux autres grandes péninsules forment aussi ses extrémités occidentale et orientale; ce sont celles d'*Anatolie* et d'*Okhotsk* ou de la *Sibérie orientale*. Parmi les *péninsules* moins considérables, nous citerons celles *de Kamtschatka*, qui fait partie de celle d'Okhotsk; celle *de Corée*, un peu plus au sud; celle *de Malacca*, qui fait partie de l'Indochine; celle *de Guzerat*, dans l'Hindoustan; celle *des Samoïèdes*, qui est la terre continentale la plus septentrionale du globe.

Les côtes orientales de l'Asie sont bordées par une longue chaîne **d'îles** où l'on distingue plusieurs archipels, savoir, en allant du nord **au sud** :

1° les *îles Kouriles*, qui forment une ligne de petites îles longues et étroites à la suite de la presqu'île du Kamtschatka;

2° Le *Japon*, groupe dans lequel se trouvent plusieurs îles considérables, notamment *Nifon* ou *Nipon*, qui a environ 2 800 myriamètres carrés; *Yeso* ou *Matsmaï; Kiousiou* et *Sikokf* ou *Sikoko;*

3° L'archipel *Lieou-Kieou*, groupe de petites îles que l'on divise ordinairement en deux parties; les îles *Lieou-Kieou proprement dites*, et les îles *Madjikosima;*

4° L'île *Formose* ou *Thai-Wan*, qui est beaucoup plus grande;

5° Les îles *Philippines*, grand archipel dans lequel on distingue, entre autres, l'île *Luçon* ou *Manille*, au nord, qui a près de 1 500 myriamètres carrés de surface; celle de *Mindanao*, au sud-est; celle de *Palawan* ou *Paragua*, au sud-ouest. Les petites îles *Soulou* peuvent aussi être considérées comme une dépendance des Philippines;

6° Les îles de *la Sonde* forment également un archipel très considérable, dans lequel se trouvent, entre autres, *Bornéo*, la plus grande des terres rangées parmi les îles, sa surface étant de près de 8 000 myriamètres carrés. On y distingue également les grandes îles de *Sumatra* et de *Java;*

7° L'archipel des Moluques, dont l'île principale est *Célèbes* ou *Macassar*, d'une surface de plus de 1 400 myriamètres carrés; nous y citerons aussi les îles *Gilolo*, *Céram*, *Timor* et *Flores*, ainsi que les petites îles de *Ternate*, *Makian*, *Motis*, *Batchian* et *Tidor*, qui forment les *petites Moluques* ou *Moluques proprement dites*, renommées dans le commerce pour la production des épices.

Entre cette grande chaîne d'îles et le continent, on peut citer l'île *Saghalien* ou *Tarrakaï*, sur les côtes de la Mandchourie, et l'île *Hainan*, au sud de la Chine.

Nous citerons encore, dans l'océan Indien, l'île importante de *Ceylan*, les petits *archipels des Maldives*, *des Lakedives*, dépendant de l'Hindoustan, d'*Andaman* et *de Nicobar*, dépendant de l'Indochine; dans la Méditerranée, les îles *de Chypre, de Rhodes, de Scio, de Metelin;* et enfin dans l'océan Arctique, les *îles Liakhov* ou *archipel de la Nouvelle-Sibérie*.

Le **relief** de l'Asie a beaucoup de rapports avec celui de l'Europe, car cette partie de la terre est également traversée dans le sens de sa longueur par une vaste plaine au midi de laquelle s'élèvent d'immenses contrées montueuses.

La **grande plaine** peut être considérée comme tenant à celle de l'Europe par la mer Caspienne, et converge vers le nord-est, de même que celle d'Europe converge vers le nord-ouest; de sorte que cet immense ensemble de régions basses forme un arc de cercle dont l'Oural serait la flèche; mais la grande plaine d'Asie diffère de celle d'Europe en ce qu'elle aboutit dans toute sa longueur à l'océan Arctique, tandis que l'autre en est séparée au nord-ouest par les montagnes de Scandinavie. Elle en diffère aussi par la quantité de steppes qu'elle renferme. Son altitude, qui est, ainsi que nous l'avons déjà dit, inférieure au niveau de l'Océan dans le voisinage des mers Caspienne et d'Aral, se tient assez basse dans la partie occidentale, mais se relève dans la partie orientale.

Les **montagnes** de l'Asie ne sont pas assez connues pour que l'on puisse en faire une bonne classification, ni même pour que l'on puisse les indiquer convenablement. Il paraît que, comme en Europe, les chaînes principales sont dirigées de l'est à l'ouest, tandis que d'autres sont plus ou moins dirigées du nord au sud. On peut les considérer comme formant deux massifs distincts d'étendue très inégale : l'un au nord-ouest, l'autre au midi. Le premier, ou *système ouralien*, ne se compose pour ainsi dire que d'une grande chaîne de montagnes. Le second qui comprend plus de la moitié de la surface de l'Asie, peut être subdivisé en huit systèmes, que nous désignerons par les noms de *système Tauro-Persique*, *système de l'Himalaya*, *système du Thian-Chan*, *système de l'Altaï*, *système Japonais*, *système Siamois*, *système des Ghattes et système Arabique*. Les quatre premiers sont généralement dirigés de l'ouest à l'est, et les quatre derniers du nord au sud, mais les uns et les autres avec des déviations plus ou moins fortes, ainsi qu'on le verra ci-après.

Le **système ouralien** forme une longue chaîne dirigée du nord au sud sauf qu'elle fléchit un peu vers l'ouest entre les 67° 30' et 65°, ainsi qu'au sud du 55e degré. Cette chaîne qui commence au *Konstantin*

Kamen sous 68° 32' est d'abord assez simple et paraît avoir pour point culminant le *Kondjakovskoi-Kamen* sous le 59e degré dont l'altitude est estimée à 1 800 mètres

La chaîne s'élargit au sud du 54e degré, où elle se subdivise en trois chaînons principaux. Celui du milieu, qui conserve dans le commencement le nom particulier d'*Oural*, prend ensuite ceux de *Kirkti*, *Irendik*, *Goberlinsk*, *Ourkatch*, et peut être considéré comme se terminant par le plateau d'*Oust-Ourt*, entre les mers Caspienne et d'Aral. Le chaînon occidental est connu sous diverses dénominations, telles que *Iurma*, *Taganaï*, *Urenga*, *Iremen*, et paraît pousser quelques rameaux de collines dans la plaine. Le chaînon oriental porte aussi divers noms, tels que ceux d'*Ilmen*, de *Kara-Edir-Tau*, de *Mougodjar*, et se perd dans les steppes au nord de la mer d'Aral. Les pentes de l'Oural sont souvent assez douces et couvertes de végétation, mais fort pittoresques, et cette chaîne dépasse rarement l'altitude de 1 000 mètres.

Nous désignons par le nom de **système Tauro-persique,** un vaste plateau qui s'étend de la mer Égée à l'Indus, en formant la liaison des montagnes de Slavogrèce avec celles du centre de l'Asie. Ce plateau est très inégal dans sa partie occidentale, mais il est plus uni et moins élevé dans sa partie orientale. Les sommités qui le surmontent forment diverses chaînes particulières qui varient par leur direction, leur élévation et leur étendue. La plus septentrionale est celle du *Caucase*, qui s'étend du détroit de Kertch à la presqu'île d'Abschéron, sur la mer Caspienne, et forme la chute du plateau vers la grande plaine d'Europe. Cette chaîne, à laquelle on trouve beaucoup de rapports avec les Pyrénées, est de même dirigée de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, et peut être considérée comme la continuation des montagnes de Crimée. Elle est, en partie, baignée au sud par la mer Noire, et le surplus est soudé au reste des plateaux, dont il est séparé par le cours du Rioni et celui du Kour. Le Caucase est sillonné par un grand nombre de vallées transversales qui prennent naissance au faîte de la chaîne, lequel présente, en général, une crête dentelée. Son point culminant est l'*Elbrouz*, cime couverte de neiges perpétuelles et de glaciers dont l'altitude est de 5 636 mètres.

Au sud du Caucase règne une seconde chaîne parallèle dont le point culminant est l'*ararat*, montagne célèbre dans l'histoire, qui atteint l'altitude de 5 219 mètres. Cette chaîne se prolonge le long des côtes méridionales de la mer Caspienne où elle est dominée par le *Demavend*, haut de 4 478 mètres.

On peut encore voir une troisième chaîne parallèle dans les *montagnes*

de Zagros ou *du Louristan* qui forment la chute du plateau vers les plaines de la Chaldée et le golfe persique.

Ces chaînes se soudent à l'ouest avec le *plateau de l'Anatolie* dirigé de l'est à l'ouest et dont la partie méridionale, qui se lie au système arabique, porte plus particulièrement le nom de *chaîne de Taurus* et atteint au *Sogoul-Dagh* l'altitude de 4 700 mètres.

A l'est, la chute du plateau, vers les plaines où coule l'Indus, forme une chaîne dirigée du sud au nord, que l'on désigne quelquefois par le nom collectif de *montagnes des Brahouis*. La partie méridionale, nommée *monts de Hala*, ne paraît pas très haute, mais la partie septentrionale, ou *monts Solimans*, devient très élevée et se lie au *Paropamisus* ou *Hindoukho* (1) qui atteint l'altitude de 6 166 mètres et forme la chute du plateau Tauropersique vers les plaines du Turkestan ou, en d'autres termes, le prolongement de la chaîne du Demavend.

Les plaines où coulent l'Indus au midi et l'Oxus au nord font éprouver une espèce d'étranglement au grand massif montueux, qui se développe ensuite en forme d'éventail, de manière à recouvrir une grande portion de l'est de l'Asie. Cette partie du massif a été divisée par Alexandre de Humboldt en quatre systèmes distingués par les noms d'Himalaya, de Kouenloun, de Thian-Chan et d'Altaï; lesquels sont reliés à l'ouest par la chaîne de *Bolor* ou *Belour-Dagh*, dirigée du sud au nord et qui donne naissance au célèbre plateau de *Pamer* couvert de bons pâturages, quoique son altitude soit évaluée à près de 3 000 mètres.

Le **système de l'Himalaya**, le plus méridional du massif, se dirige d'abord du nord-ouest au sud-est, fléchit ensuite vers l'est et peut être considéré comme se prolongeant jusqu'à la mer de la Chine. La partie entre l'Indus et le Brahmapoutre ou *Himalaya proprement dit* comprend le *mont Everest* ou *Gaurisankar*, haut de 8 840 mètres, que nous avons déjà cité comme le point le plus élevé du globe, et elle est séparée de la plaine de l'Hindoustan par une chaîne intermédiaire connue sous le nom de *monts Sivaliks* dont l'altitude excède rarement 1 000 mètres. Au nord de l'Himalaya s'étend le plateau du Tibet partagé en deux par la chaîne de *Karakorum* parallèle à l'Himalaya.

Le **système du Kouenloun** qui est, comme le Paropamisus,

(1) Le Paropamisus était aussi nommé *Caucase indien* par les anciens, et les modernes lui donnent communément le nom d'*Hindou-Khoush*, mais Alex. de Humboldt (*Asie centrale*, II, 431), croit que le nom d'Hindou-Kho est préférable. Cet illustre savant rangeait le Paropamisus dans le système du Kouenlun, mais il me paraît plus convenable d'y voir une dépendance du système tauropersique.

dirigé de l'ouest à l'est, sépare à son origine le plateau du Tibet de la grande dépression où coule le Tarim. Ce système se prolonge jusqu'à la mer de Corée en prenant divers noms tels que ceux d'*A-neou-ta*, *Bassa-Doungram-Oola*, *Bain-Kara-Oola*, *Nan-Chan*. Ces dernières chaînes paraissent former un groupe très élevé d'où sort le Hoang-ho et qui se lie avec le système de l'Himalaya par la chaîne du *Young-ling* dirigé du nord au sud.

Le **système du Thian-Chan,** au nord du Tarim, commence dans la plaine du Turkestan, à l'ouest du Bolor, par une petite chaîne nommée *Asferah-Dagh* ou *Ak-Dagh*, à la suite de laquelle vient la *chaîne du Thian-Chan* ou *montagnes célestes* aussi nommées *Tengri-Dagh* et *Kilian-Chan*, et dont les diverses portions sont distinguées par plusieurs dénominations particulières. Son point culminant paraît être le *Bogdo-Oola* ou *montagne sainte*. La chaîne s'abaisse vers le 95e degré de longitude et se confond avec un grand plateau désert, nommé *Gobi* ou *Chamo*, qui paraît s'étendre, au sud, jusqu'au prolongement du Kouenloun, et au nord jusqu'au système de l'Altaï. Le système du Thian-Chan se relève à l'est du Gobi, où il forme notamment la chaîne nommée *In-Chan* ou *Gadchar*, qui se lie aussi avec les systèmes du Kouenloun et de l'Altaï, par deux chaînes transversales nommées le *Thai-Han-Chan*, au sud, et le *Khin-Gan-Petcha*, au nord.

Nous entendons par **système de l'Altaï** l'ensemble de montagnes qui s'étendent le long des grandes plaines de la Sibérie. Ce système commence à se manifester vers le 30e degré de latitude et le 64e de longitude, par des collines ou petites *montagnes* qui s'élèvent dans la steppe *des Kirghiz* et qui portent des noms tels que *Oulou-Tau*, *Ildigis*, *Kent*, *Tchengis-Tau*, *Arkat*, etc. L'*Altaï proprement dit*, aussi nommé *mont d'Or* et improprement *petit Altaï*, forme un massif important dont le point culminant paraît être le *mont Biéloukha*, haut de 3 350 mètres, situé près des sources de la Katounia, l'un des affluents de l'Obi. Il se détache de ce massif une chaîne nommée *Kousnetsk*, qui s'avance vers le nord pour se perdre dans la plaine, et trois autres chaînes à peu près parallèles qui se dirigent de l'ouest à l'est ; ce sont l'*Ergik* ou *chaîne Sayane*, le *Tangnou* et l'*Oulangom*. La série des montagnes prend ensuite, à l'est de la Selinga, une direction qui est en général plus septentrionale, c'est à dire à peu près du sud-ouest au nord-est, mais qui présente beaucoup de variations dans les détails. Ces montagnes se subdivisent en un grand nombre de chaînes ou de chaînons qui forment quelquefois plusieurs rangs parallèles, parmi lesquels nous citerons le *Kentei*, les *montagnes d'Onon*, le *Jablonoi-Khrebet*, le *Stanovoi-Khrebet*

le *Viloniski Khrebet*, la *chaîne d'Oudskoi*, celle *de l'Aldan*, celle d'*Omekonsk*, celle d'*Ouroul-gansk* et les *monts de Tchoukotsk*, qui se terminent au cap oriental, extrémité orientale du continent asiatique.

Nous désignons, par le nom de **système japonais,** une série de *montagnes* plus ou moins interrompues, qui se rattachent aux monts de Tchoukotsk et se prolongent, du nord au sud, au travers des terres que nous avons déjà indiquées sous les noms de presqu'île *de Kamtschatka*, îles *Kouriles*, archipel *du Japon*, îles *Lieou-Kieou*, île *Formose*, archipel *des Philippines*, île *de Bornéo* et archipel *des Moluques*. Cette série atteint l'altitude de 4 884 mètres au *pic de Klintchevsk*, dans le Kamtschatka; elle ne paraît pas dépasser 1 000 mètres dans les Kouriles; elle se relève dans le Japon, dont plusieurs montagnes sont couvertes de neiges perpétuelles. Le *mont Mahaie*, dans l'île Luçon, paraît atteindre 6 000 mètres d'altitude, le *mont de Cristal*, dans l'île de Bornéo, 2 500, et le *pic de Ceram*, dans les Moluques, 2 600.

Par le nom de **système Siamois,** nous désignons les *montagnes* qui couvrent la presqu'île d'*Indochine*, l'île de *Sumatra* et quelques îles voisines. Ces montagnes partent, comme des rameaux transversaux, du système de l'Himalaya, et paraissent former cinq chaînes dirigées d'abord assez régulièrement du nord au sud, mais qui, ensuite fléchissent vers l'est. La plus occidentale de ces chaînes, entre le Brahmapoutre et l'Irawaddi, peut être considérée comme se prolongeant dans les îles *Nicobar* et dans celle de *Sumatra*, où se trouve le sommet que l'on croit être le point culminant du système, savoir : le *Goumong-Kosumbra*, haut de 4 674 mètres. On pourrait peut-être rapporter à cette chaîne les îles *de Java*, *de Sumbara*, *de Flores*, etc., qui viennent à la suite de Sumatra, mais qui se dirigent de l'ouet à l'est. Elles sont aussi très montueuses, et le *Simourou*, dans l'île de Java, paraît approcher de 4 000 mètres d'altitude.

Système des Ghattes. — La péninsule de l'Hindoustan est, comme celle de l'Indochine, couverte de montagnes, mais qui, au lieu de se rattacher au système de l'Himalaya, en sont séparées par une *plaine* ou grande vallée qui s'étend de l'Indus au golfe *de Bengale*. On distingue, dans ce massif, la *chaîne des Ghattes occidentales*, nommée dans le pays *Syhadree*, qui longe la côte occidentale de la péninsule, et qui paraît atteindre, au sud du Tapty, l'altitude d'environ 3 000 mètres. La côte orientale présente aussi des montagnes que l'on appelle *Ghattes orientales*, mais qui atteignent tout au plus 1 000 mètres, et dont la contiguïté est souvent interrompue par de petites plaines ou de larges vallées. L'espace entre ces deux chaînes présente des plateaux sur

lesquels s'élèvent des montagnes plus ou moins hautes. On y distingue, entre autres, les *monts Nilgherries*, dans la partie méridionale, qui atteignent l'altitude de 2 133 mètres. Au nord, la chute de ces plateaux vers la plaine porte principalement le nom de *monts Vindhiah*, et paraît ne pas dépasser 1 500 mètres. L'île de *Ceylan*, qui est une dépendance de ce système, est dominée par le *pic d'Adam*, qui s'élève à près de 1 000 mètres d'altitude.

Le **système arabique**, tel que nous l'entendons, se compose de montagnes qui partent de la chaîne du Taurus, en prenant d'abord une direction du nord au sud, pour former, le long des côtes de Syrie, la *chaîne du Liban*, que l'on dit atteindre une altitude de plus de 4 500 mètres. Cette chaîne, arrivée au *mont Sinaï*, au nord de la mer Rouge, dont le point culminant a 2 746 mètres, fléchit un peu vers l'est en formant une côte escarpée le long de la mer Rouge, et se développe dans la presqu'île *d'Arabie*, qui est un plateau fort peu connu où l'on a indiqué une chaîne de *montagnes* dirigées de l'ouest à l'est, comme traversant le *Nedged*, c'est à dire au milieu de la péninsule.

Quoiqu'il y ait plusieurs portions de l'Asie dépourvues de **cours d'eau**, cette partie de la terre renferme beaucoup de grands fleuves : les uns, comme l'*Obi*, l'*Ienissei*, la *Lena*, l'*Indighirka*, la *Kolima*, coulent du sud au nord dans l'océan Arctique; d'autres, comme l'*Anadyr*, l'*Amour* ou *Saghalien*, le *Hoangho* ou *fleuve Jaune*, l'*Yang-tse-Kiang*, la *rivière de Canton*, coulent de l'ouest à l'est, et se jettent dans les dépendances de l'océan Pacifique, ainsi que le *May-Kang* et le *Ménam*, qui coulent du nord au sud. L'océan Indien reçoit le *Salouen*, l'*Irawaddy*, le *Brahmapoutre*, le *Gange*, le *Mehenedi*, le *Godaveri*, la *Krichna*, le *Caveri*, la *Nerbedah*, le *Tapty*, l'*Indus* ou *Sind*, le *Chat-el-Arab*. La mer Noire reçoit le *Kisil-Irmak*.

Parmi les affluents de ces fleuves, nous citerons l'*Irtiche* pour l'Oby, la *Selinga*, les *Angara supérieure* et *inférieure*, les *Toungouska supérieure, moyenne* et *inférieure* pour l'Ienissei, le *Viloui*, le *Tettim*, l'*Olekma*, l'*Aldan* pour la Lena, le *Soongari* pour le Saghalien; la *Djemmah*, la *Gogra*, la *Cone*, le *Kosi*, la *Tislach* pour le Gange; le *Setledge* pour l'Indus; le *Tigre* et l'*Euphrate* pour le Chat-el-Arab, etc.

Outre ces cours d'eau qui se rendent dans l'océan, l'Asie renferme un grand nombre de bassins hydrographiques renfermés dans l'intérieur des terres. Parmi les principaux cours d'eau de ces bassins nous citerons l'*Oxus* ou *Amou* ou *Djihoun*, l'*Iaxarte* ou *sir Daria* ou *Si-Houn*, l'*Ili*, le *Tarim* ou *Yarkand* dans le Turkestan; le *Cyrus* ou *Kour* dans la Caucasie.

Ces fleuves se rendent dans des **lacs** sans débouchés dont deux sont

tellement étendus qu'on leur donne le nom de mer : ce sont la *mer Caspienne* et la *mer d'Aral*, vers les limites de l'Europe. Nous citerons aussi les lacs *Balkachi*, *Issigoul*, *Lob-noor*, *Khoukounoor* ou *lac bleu*, *Tingri-noor* ou *Terkiri*, *Palte* ou *Jangbrok*, *Namur-noor*, *Zereh* ou *Hamun* dans le centre de l'Asie, les *lacs de Van*, *d'Ormiah*, de *Sebanga* à l'ouest de la mer Caspienne. Quelques-uns de ces lacs sont à un niveau inférieur à celui de l'océan : telle est la mer Caspienne et surtout le *lac Asphaltite* ou *mer Morte* en Palestine. D'autres au contraire ont une altitude considérable : tels sont ceux de Van et d'Ormiah. Parmi les lacs qui versent leurs eaux dans l'océan, le plus important est le *lac Baïkal* en Sibérie, nous citerons aussi le *Thou-thing* et le *Ployang* en Chine et le *lac Dzaisang* qui est traversé par l'Irtiche.

L'Asie peut être partagée en trois grandes **divisions :** l'une au nord, l'autre au milieu et la troisième au midi.

L'*Asie septentrionale* est ordinairement considérée comme ne formant qu'une immense région connue sous le nom de *Sibérie*.

Nous divisons l'*Asie médiane* en onze régions, que nous désignons par les noms d'*îles Kouriles*, de *Japon*, de *Corée*, de *Mandchourie*, de *Chine*, de *Tibet*, de *Mongolie*, de *Turkestan*, de *Perse*, de *Chaldarménie* et d'*Anatolie* ou *Asie Mineure* (1).

Enfin l'*Asie méridionale* se subdivise en quatre régions, savoir : l'*Arabie*, l'*Hindoustan*, l'*Indochine* et la *Malaisie*.

TROISIÈME PARTIE DE LA TERRE. — AFRIQUE.

Position astronomique. — La portion continentale de l'Afrique est située entre le 37e degré de latitude boréale et le 35e degré de latitude australe, et entre le 20e degré de longitude occidentale et le

(1) Partant d'une idée énoncée dans les *fragments asiatiques* d'Alexandre de Humboldt, j'avais admis dans mes éditions antérieures deux régions sous les noms de *Tangut* et de *Dzoungarie*, mais, outre que cette manière de voir n'a pas été adoptée par d'autres et n'a même plus été reproduite par son illustre auteur, elle donnait deux divisions qui ne paraissent pas très avantageuses. J'ai cru en conséquence, qu'il était préférable de considérer les contrées qui les composaient comme faisant partie de la Mongolie et du Turkestan. Cette marche quant à ce dernier ne fait, en quelque manière, que revenir à l'usage ordinaire qui désigne la grande province chinoise de Thian-chan-nan-lou par le nom de *Turkestan chinois*, mais elle donne à la Mongolie plus d'extension qu'on ne lui en attribue communément attendu qu'elle y annexe le *pays des Éleuths de Khoukhounoor* et une partie de la province de Kan-sou.

Les circonscriptions politiques qui se partagent le grand plateau tauropersique étant très variables et ne concordant pas avec des traits géographiques, je l'ai divisé en trois régions en supposant les côtes de l'isthme caucasien prolongées d'un côté jusqu'au golfe d'Alexandrette et de l'autre jusqu'au golfe persique. J'ai cru également pouvoir désigner la région du milieu par le nom de *Chaldarménie*, qui rappelle deux contrées dont l'une est le berceau d'un des pre-

49e degré de longitude orientale; mais avec les petites îles qui doivent y être annexées, cette partie de la terre s'étend à peu près jusqu'au 60e degré de latitude australe.

Limites. — Le continent africain est borné au nord par le détroit de Gibraltar et la Méditerranée; à l'est, par l'isthme de Suez, la mer Rouge, le détroit de Bab-el-Mandeb et l'océan Indien; à l'ouest par l'océan Atlantique; de sorte qu'il ne tient au reste du continent que par l'isthme de Suez, dont la largeur est de 10 myriamètres.

Son **étendue** est d'environ 270 600 myriamètres carrés, et sa **forme** donne l'idée d'un cœur renflé par une de ses extrémités supérieures; de sorte qu'elle présente deux grandes **péninsules** qui embrassent près des trois quarts de sa surface; l'une au nord-ouest, tracée par une ligne qui s'étendrait du golfe de la Syrte dans la Méditerranée à celui de Biafra, dépendance du golfe de Guinée; l'autre au sud, tracée par une ligne partant du même golfe de Biafra et se dirigeant sur celui d'Aden dans l'océan Indien. Un autre caractère de l'Afrique, c'est la contiguïté des terres qui la composent, lesquelles ne sont presque pas entamées par des mers intérieures. Les **îles** y sont même rares et fort petites, à l'exception toutefois de celle de *Madagascar*, l'une des plus grandes terres que l'on considère comme îles, sa surface étant de 5 000 myriamètres carrés. Cette île, située dans l'océan Indien, près de la côte orientale du continent, forme, avec quelques petites îles plus ou moins éloignées et plus ou moins réunies en groupes, un archipel étendu, où nous citerons les *îles Comores*, les *îles Séchelles*, les *îles Amirantes*, les *îles des Sept frères* et les *îles Mascareignes*, parmi lesquelles on distingue l'*île Maurice* et l'*île de la Réunion*, les seules de tout l'archipel qui aient quelque importance après Madagascar. Plus au nord se trouve l'*île de Socotra*, également dans l'océan Indien.

Il existe aussi quelques *îles* entre les 36e et 56e degrés de latitude *australe;* mais, à l'exception de l'*île de Kerguelen* ou *de la Désolation*, elles sont très petites; telles sont l'*île d'Amsterdam*, l'*île Saint-Paul*, l'*île Crozet*, l'*île Boudet* ou *de la Circoncision*, l'*île Diego d'Alvarez* ou *de Gough*, les *îles de Tristan d'Acunha*. On trouve aussi, dans l'océan Atlantique, les petites *îles de Sainte-Hélène* et *de l'Ascension*, au sud de l'équateur, ainsi que les *archipels du cap Vert*, *des Canaries* et *de Madère*, au nord de l'équateur.

miers peuples qui ont cultivé les sciences naturelles, et dont l'autre est remarquable par son étendue, sa constitution orographique, et par la manière dont elle a conservé son nom, depuis les temps historiques les plus anciens. Cette région se compose de la *Caucasie*, de l'*Arménie*, de l'*Azerbaïdjan*, du *Kourdistan*, de la *Chaldée*, de la *Mésopotamie* et de la *Syrie*.

Quoiqu'il ait été fait, dans ces derniers temps, de brillantes explorations dans l'intérieur de l'Afrique, cette partie de la terre est encore trop peu connue pour que l'on puisse donner des notions positives sur l'ensemble de son **relief**. On y a cependant reconnu l'existence de chaînes de montagnes dirigées de l'ouest à l'est, comme les principales chaînes de l'Europe et de l'Asie. Tel est le *système de l'Atlas* qui s'étend le long de la Méditerranée. Ses cimes les plus élevées, qui ont près de 4 000 mètres d'altitude, sont dans la partie occidentale, mais les montagnes s'abaissent en s'avançant vers l'est et le point le plus haut en Égypte n'a que 700 mètres.

Au sud du système de l'Atlas s'étend une vaste dépression ou série de *plaines* qui traverse le continent de l'ouest à l'est et où l'on peut distinguer deux bandes parallèles. Celle du nord connue sous le nom *de Sahara* est un immense désert sableux; celle du midi, qui est en grande partie comprise dans le *Soudan*, est arrosée par de nombreux cours d'eau.

Entre cette dépression et le golfe de Guinée se trouvent les *montagnes de Kong* que l'on a supposé faire partie d'un vaste système qui traverserait aussi tout le continent de l'ouest à l'est en se rattachant aux *montagnes d'Abyssinie* par l'intermédiaire des *montagnes de la Lune*, mais il paraîtrait, d'après de nouveaux renseignements, que les plaines du Soudan se prolongent à l'ouest de l'Abyssinie et que les montagnes de la Lune sont plutôt au sud qu'à l'ouest des montagnes de l'Abyssinie. Celles-ci forment un massif puissant où se trouvent des cimes qui ont près de 5 000 mètres d'altitude.

Un immense massif de *montagnes* dont l'intérieur n'est pas connu paraît couvrir l'*Afrique méridionale* en se rattachant d'un côté aux montagnes de Kong et de l'autre à celles d'Abyssinie et en formant sur les côtes deux chaînes qui, comme celles des Ghattes, convergent l'une vers l'autre en s'avançant au sud. Par un second rapprochement avec les Ghattes, la chaîne occidentale ou *montagnes du Congo* est plus continue que la chaîne orientale où il paraît exister une dépression vers le 6e degré de latitude australe. La partie au nord de cette dépression, qui se lie avec les montagnes d'Abyssinie et qui comprend peut-être les montagnes de la Lune, présente des sommités couvertes de neiges perpétuelles; tels sont le *Kilimandjaro* et le *Kenia* aperçus par M. Rebman, ce qui suppose, dans cette région équatoriale, une altitude de plus de 5 000 mètres. La chaîne se relève aussi vers le sud entre les 10e et 20e degrés où elle est connue sous le nom de *monts Lupata* ou *Épine du monde*. La liaison de ces deux chaînes, à l'extrémité méridionale de la péninsule, se fait par des rameaux ou chaînes transversales dirigées de l'ouest à

l'est ; telle est la chaîne du *Zwarteberg*, à peu de distance de la côte, et celle, plus au nord, qui comprend les *monts Bokkeveld*, *Roggeveld* et *Sneeuwberg*. Ces montagnes sont disposées en gradins et présentent, sur leurs plateaux, des espèces de déserts connus sous le nom de *Karrous*.

Les îles d'Afrique sont aussi très montueuses. Le *pic de Teyde*, dans l'île Ténériffe, l'une des Canaries, s'élève à 3 702 mètres d'altitude ; on dit que la chaîne de *montagnes* qui traverse l'île *de Madagascar* dans le sens de sa longueur atteint 3 600 mètres ; l'*île de Fuego*, dans les îles du cap Vert, s'élève à 2 790, et le *pic de Ruivo*, dans l'île Madère, à 1 781 mètres.

L'un des **cours d'eau** les plus remarquables de l'Afrique est le *Nil* qui se forme en Nubie par la réunion du *Bahr-el-abiad* ou *Rivière blanche* avec le *Bahr-el-asrek* ou *Rivière bleue* et qui coule du sud au nord dans la Méditerranée. Parmi les autres cours d'eau que reçoit cette mer, mais dont aucun n'est important, nous citerons la *Moulaïa*, le *Cheliff* et la *Medjerdah*. L'océan Atlantique reçoit au contraire plusieurs fleuves considérables notamment le *Sénégal*, la *Gambie*, le *Kabou* ou *Rio-Grande*, le *Niger* ou *Djoliba* ou *Kouara*, le *Zaïre* ou *Couango*, le *Couanza*, l'*Orange* ou *Gariep*. Ces fleuves ont leur direction de l'est à l'ouest, à l'exception du Niger qui coule d'abord du sud-ouest au nord-est et ensuite du nord-est au sud-ouest en traversant les montagnes de Kong. Les fleuves d'Afrique qui se jettent dans l'océan indien sont peu connus, aussi ne citerons-nous que le *Zambeze* et le *Limpopo* dans la partie méridionale.

L'Afrique contient aussi beaucoup de bassins hydrographiques intérieurs ; le plus important, ou plutôt le moins inconnu est celui du lac Tschad dans lequel coule le *Chary* et l'*Yeou* ou *Komadougou*. Quant au vaste désert de Sahara, on n'y connaît pas de cours d'eau, les sources qui déterminent l'existence des oasis ne méritant pas ce nom.

Les **lacs** de l'Afrique sont en général peu connus, mais il paraît qu'il y en a beaucoup et de très importants dans la Péninsule méridionale, parmi lesquels nous citerons le lac *Nyanza* ou *Ukerewe* dans le voisinage de l'équateur, le *Taganyka* ou *Ujiji*, le *Nyassa* et le *Nyassi* qui sont successivement plus au sud. Ces lacs, ainsi que le *Tchad* dont il a été parlé ci-dessus, paraissent être sans débouché, cependant on a émis l'opinion que le Nyanza dont on ne connaît pas la partie septentrionale versait ses eaux dans le Bahr-el-abiad, le principal affluent du Nil. Nous citerons aussi le *lac de Dembea* dans l'Abyssinie qui est traversé par le Bahr-el-Asrek autre affluent du Nil. La Barbarie et le nord

du Sahara renferment beaucoup de lacs temporaires que l'on désigne par le nom de *Schots* et dont les eaux sont généralement salées.

L'*Afrique* peut être partagée en deux grandes **divisions**, l'une *septentrionale*, l'autre *méridionale*, qui seraient séparées par la ligne tirée du golfe de Biafra à celui d'Aden, dont il a été parlé ci-dessus; mais son intérieur est trop peu connu pour que l'on y établisse des divisions géographiques régulières. Cependant nous indiquerons comme division provisoire les vingt et une régions suivantes, savoir : dans l'Afrique septentrionale, les *îles Madères*, les *îles Canaries*, les *îles du cap Vert*, la *Barbarie*, le *Sahara*, l'*Égypte*, la *Nubie*, l'*Abyssinie*, le *Soudan*, la *Sénégambie*, la *Guinée;* et dans l'Afrique méridionale, le *Congo* (1), la *Moluasie* (2), l'*Ajan*, le *Zanguebar*, le *Mosambique*, la *Cafrerie*, la *Cimbébasie*, le *Capland*, l'*Archipel de Madagascar*, les *îles Australes*.

QUATRIÈME PARTIE DE LA TERRE. — AMÉRIQUE.

Position astronomique. — La portion continentale de l'Amérique s'étend entre le 71e degré de latitude boréale et le 54e degré de latitude australe et entre le 37e degré et le 169e degré de longitude occidentale; mais en y comprenant les îles qui en dépendent, elle s'étend du 16e degré de longitude occidentale au 170e degré de longitude orientale, et on connaît de ses dépendances jusqu'au 32e degré de latitude boréale et jusqu'auprès du 60e degré de latitude australe.

Limites. — Elle est baignée au nord par l'océan Arctique, à l'est par l'océan Atlantique, à l'ouest par l'océan Pacifique, et s'étend au sud jusqu'à l'océan Antarctique.

Étendue. — On évalue sa surface à 405 700 myriamètres carrés.

Le continent se compose de deux immenses péninsules, de **forme** allongée, dirigées, l'une et l'autre, du nord au sud et unies par l'*isthme de Panama*, qui n'a qu'environ 5 myriamètres de large dans la partie la

(1) On étend souvent le nom de *Guinée* à toute la côte occidentale d'Afrique comprise entre la Rio-Pongo, sous le 10e degré de latitude boréale, jusqu'au cap Frio, sous le 18e degré de latitude australe : alors la partie au nord du Rio-Camarones sous le 6e degré de latitude boréale, est nommée *Guinée supérieure* et la partie au sud, *Guinée inférieure ;* mais cette marche a l'inconvénient de ranger dans une même région une partie de l'Afrique septentrionale et une portion de l'Afrique méridionale, de sorte qu'il me paraît préférable d'imiter les géographes qui restreignent le nom de *Guinée* à la Guinée supérieure et étendent le nom de *Congo* à toute la Guinée inférieure.

(2) Ne connaissant pas de nom général pour désigner la vaste région qui s'étend entre le Congo et le Zanguebar, j'ai cru pouvoir employer provisoirement le nom de *Moluasie*, d'après les Moluas que l'on a signalés dans ces derniers temps comme le peuple le plus marquant de cette région.

plus étroite. La péninsule méridionale a la forme d'un cœur très allongé, mais la péninsule septentrionale est beaucoup plus irrégulière et présente un grand nombre de **péninsules** de plus petites dimensions, dans le nombre desquelles, cependant, il y en a deux qui sont assez considérables, savoir : celle de *Labrador*, au nord-est, et celle de la *Béringie* ou de l'*Amérique russe* au nord-ouest. Parmi les autres, nous citerons la *Vieille-Californie*, l'*Yucatan*, la *Floride*, la *Nouvelle-Écosse*, la *presqu'île Melville*, celle de *Boothia Felix*, qui est peut-être une île.

La partie septentrionale de l'Amérique comprend un grand nombre d'**îles**, surtout entre la mer Polaire et la mer de Baffin, mais celles-ci sont peu connues et presque toujours entourées de glace; telles sont la *Terre de Grinnell*, le *Lincoln Septentrional*, le *Devon Septentrional*, l'*île Cornwallis*, l'*île Melville*, l'*île du prince Patrick*, l'*île de Banks*, l'*île Victoria*, l'*île du prince de Galles*, le *Sommerset Septentrional*, les *îles Cockburn*, l'*île Southampton*, l'*île James*, l'*île de Cumberland*, etc. A l'est de la mer de Baffin, se trouve le *Groenland*, terres dont les limites septentrionales se perdent dans les glaces polaires et qui forment probablement un archipel considérable, mais qui pourraient aussi appartenir en partie à un continent polaire. Dans l'océan Atlantique se trouvent notamment l'*Islande*, que l'on considère quelquefois comme appartenant à l'Europe; l'*île du prince Édouard* ou *Saint-Jean; l'île du cap Breton; Rhode-Island; Long-Island;* les petites *îles Bermudes;* le grand *archipel des Antilles*, qui forme trois groupes, savoir : les *îles Lucayes* ou *de Bahama*, composées d'un grand nombre de petites îles; les *grandes Antilles*, dont les principales sont *Cuba*, qui a plus de 100 myriamètres de long, *Haïti*, la *Jamaïque*, *Porto-Rico;* les *petites Antilles*, qui forment une chaîne de petites îles où l'on distingue, entre autres, la *Guadeloupe* et la *Martinique*. On considère aussi quelquefois comme une division des Antilles et l'on appelle alors *Antilles sous le Vent* quelques îles situées dans la partie méridionale de la mer des Antilles le long de la côte de l'Amérique méridionale et que, pour cette raison, nous considérons comme appartenant à cette division. Les principales de ces îles sont *Trinidad*, *Tabago*, l'*île Marguerite*, *Curaçao*.

La partie septentrionale de la côte occidentale de l'Amérique est aussi garnie d'une grande quantité d'îles parmi lesquelles nous citerons l'*île Nunivok*, dans la mer de Béring; les *îles Aléoutes*, longue chaîne entre cette mer et l'océan Pacifique; l'*île Kodiak*, l'*île Sitka*, l'*île Baranov*, l'*île du prince de Galles*, l'*île de la reine Charlotte*, l'*île de Nootka* ou *Quadra et Vancouver* sur les bords de l'océan Pacifique.

L'Amérique méridionale ne présente presque pas d'îles dans sa por-

tion du nord; mais vers le sud, nous citerons les *archipels de Chiloé, de Chonos* et *de la Mère de Dieu*, sur les côtes de Patagonie; l'*archipel de la terre de Feu* ou *Magellan*, au sud de cette dernière région ; les *îles Falkland* ou *Malouines*, la *Géorgie du Sud* et les *îles Sandwich du sud*, qui s'avancent jusque près du 60e degrés de latitude australe.

Le trait le plus remarquable du **relief** de l'Amérique est l'existence d'une chaîne ou plutôt d'un système de chaînes de *montagnes* qui la traverse dans le sens de sa longueur du côté *de l'occident*, en s'écartant peu de l'océan Pacifique, et qui atteint une élévation qui ne le cède presque pas aux plus hautes cimes de l'ancien continent. On peut aussi reconnaître un *système oriental* du côté de l'océan Atlantique; mais ce système est divisé par plusieurs interruptions, et ne se prolonge pas sur toute la longueur du continent.

D'immenses **plaines** séparent les montagnes occidentales des montagnes orientales. On pourrait voir dans celles de ces plaines qui sont au nord une communication de la mer Polaire avec la mer des Antilles et dans celles du midi une communication de la mer des Antilles avec l'océan Atlantique méridional. Les *plaines du Nord* se composent des *plaines de la Nouvelle Bretagne* avec leurs nombreux lacs qui versent leurs eaux dans la mer Polaire et des *plaines du Mississipi* dont les eaux s'écoulent dans le golfe du Mexique. Du reste, le sol de cette vaste dépression est loin d'être entièrement uni, il s'y trouve, au contraire, des inégalités plus ou moins prononcées, tels sont notamment les *Monts Ozarks* qui forment, vers le bas Mississipi, une chaîne dirigée du nord-est au sud-ouest et qui paraissent atteindre quelquefois 300 mètres d'altitude. Les *plaines méridionales* se divisent également en deux parties par le renflement des montagnes orientales. L'une est arrosée par l'*Amazone* et l'autre par les affluents du *Rio de la Plata*. Celle-ci s'étend jusque vers l'extrémité du continent, c'est à dire beaucoup plus loin que le Rio de la Plata. Elle renferme de vastes pampas et des savanes, mais ces dernières sont surtout abondantes dans la plaine de l'Amazone.

Les **montagnes occidentales**, dont la partie méridionale est connue sous le nom d'*Andes*, forment, à partir de l'extrémité sud du continent, une chaîne d'abord assez étroite et dirigée du sud au nord. Cette chaîne ne paraît pas s'élever à plus de 2 000 mètres dans la Patagonie, mais elle atteint l'altitude de 6 834 mètres, au *mont d'Aconcagua* dans le Chili et forme dans la Bolivie un vaste plateau d'une altitude moyenne de 4 000 mètres, sur lequel s'élèvent des cimes plus élevées, dont l'une, le *Nevado de Sorata*, atteint 6 488 mètres. Ce plateau se prolonge dans le Pérou en suivant une direction nord-ouest

et reprend la direction du sud au nord dans les *Andes de Quito*, sur lesquelles s'élèvent le *Chimboraço*, cime de 6 530 mètres que l'on a longtemps considéré comme le point le plus élevé de la terre. Le plateau des Andes fléchit un peu vers l'ouest dans la Nouvelle Grenade et vient se terminer brusquement à la mer des Antilles.

Un rameau peu élevé, qui se détache des Andes, vers le 8e degré de latitude boréale, en se dirigeant à l'ouest, forme l'*isthme de Panama* et rattache les Andes à la partie septentrionale du grand système. Celui-ci, reprenant la direction générale du nord-ouest, se relève et s'élargit avec le développement du continent en formant, dans le *Mexique*, un vaste plateau d'une altitude moyenne de 2 000 mètres sur lequel s'élèvent des cimes dont l'une, le *Popocatepelt*, atteint 5 400 mètres. La série de ces élévations, que l'on considère comme la chaîne principale, se continue le long des plaines de l'Amérique du Nord sous les noms de *Sierra Madre* et de *montagnes Rocheuses* ou *Rocky-mountains* et paraît se prolonger jusqu'à l'océan Arctique, mais elle s'abaisse beaucoup vers le 58e degré et n'est pas connue au delà. L'une des cimes les plus élevées paraît être le *Fremonts peake* qui atteint l'altitude de 4 500 mètres.

L'espace compris entre les *montagnes Rocheuses* et l'océan Pacifique est généralement montueux et élevé, du moins dans la partie méridionale, la seule qui soit connue et l'on peut y reconnaître plusieurs chaînes aussi dirigées du sud au nord, tels sont les *monts Wahsatch* et la *Sierra Nevada*, séparés par la vaste dépression du *désert d'Utah* dont les eaux s'écoulent dans le grand lac Salé. La *Sierra Nevada*, célèbre par ses mines d'or et dont l'altitude paraît atteindre 6 000 mètres, est séparée, du côté de l'ouest, par de riches vallées, d'une chaîne peu élevée, connue sous le nom de *Coast Range*, et qui borde toute la côte des Californies jusqu'au cap Mendocino. Il paraît qu'il existe aussi dans ce massif des chaînes qui auraient d'autres directions, telle serait la *Sierra de Mogoyon* ou *Sierra Blanca* au nord du Rio Gila qui serait dirigée de l'est à l'ouest et atteindrait une altitude de 3 500 mètres.

Le prolongement de la Sierra Nevada, au nord du cap Mendocino, prend le nom de *monts cascades* et fléchit ensuite vers l'ouest en s'étendant jusqu'au détroit de Bering, qui les sépare des monts de Tchoukotsk. Ces montagnes atteignent une grande hauteur et le *mont Saint-Élie*, près de la baie de Bering, a 5 512 mètres d'altitude. Un peu plus au nord, il se détache de cette chaîne un rameau dirigé vers le sud-ouest et qui forme la presqu'île d'*Alaska* et les îles *aléoutes*.

Les montagnes orientales de l'Amérique commencent dans le *Groenland*. On pourrait considérer l'*Islande*, dont le point culminant

est le *Snæfials-Jokull*, haut de 1 559 mètres, la petite *île Jean Mayen*, où se trouve le *Beerenberg*, dont l'altitude est de 2 085 mètres, et peut-être même le *Spitzberg*, dont il a été parlé à l'article de l'Europe, comme étant de leurs dépendances. La portion de ce système qui s'étend sur la partie septentrionale du continent est souvent désignée d'une manière générale par le nom d'*Alleghanis* ou *Apalaches*. Elle se compose de montagnes qui n'out pas ordinairement plus de 800 à 900 mètres d'altitude et dont les plus grandes élévations se trouvent aux deux extrémités de la chaîne, notamment à l'extrémité septentrionale qui porte le nom de *montagnes Blanches* et renferme des sommets de plus de 2 000 mètres. Cette chaîne est en général formée de chaînons parallèles dont les principaux sont les *montagnes Bleues*, du côté de l'océan Atlantique, et les *Alleghanis proprement dits*, du côté opposé. Toute cette partie du système tend à converger vers l'ouest, mais ensuite on trouve les *Antilles*, qui reprennent vers l'est et que l'on peut considérer comme la continuation du système, car ces îles sont très montueuses, et le *mont Potrillo*, dans l'île de Cuba, paraît dépasser l'altitude de 2 700 mètres. Au sud des Antilles s'élèvent sur le continent les *montagnes de la Guyane*, qui atteignent à la *Duida*, dans la *Sierra de Parima*, l'altitude de 2 500 mètres La plaine de l'Amazone forme une nouvelle interruption au sud de laquelle se trouvent les *montagnes du Brésil;* massif extrêmement puissant qui converge vers l'ouest et dont les rameaux occidentaux se rapprochent de la chaîne des Andes, s'ils ne se lient pas à ceux dépendants de cette dernière chaîne. Du reste, les montagnes du Brésil sont peu elevées en comparaison de celles des autres chaînes de l'Amérique, et le *mont Itacolumi*, que l'on considère comme leur point culminant, n'a que 1 851 mètres d'altitude.

C'est dans la partie méridionale de l'Amérique que se trouve le plus grand des **cours d'eau** connus : l'*Amazone* ou *Maranon*. Ce fleuve, qui se jette dans l'océan Atlantique, a un bassin immense et compte, parmi ses affluents, des cours d'eau très considérables ; tels sont le *Rio-Negro*, l'*Yapura*, le *Napo*, le *Tunguragua*, le *Huallaga*, l'*Ucayale*, la *Madeira*, le *Topayos*, le *Xingu*. Parmi les autres fleuves de l'Amérique méridionale, nous citerons encore le *Rio de la Plata*, le *San-Francisco*, le *Parnahiba*, le *Tocantin* ou *Para*, l'*Orénoque*, qui se jettent aussi dans l'océan Atlantique, et la *Magdalena*, qui se jette dans la mer des Antilles. L'Orénoque présente cette particularité qu'il s'en détache un bras, nommé *Cassiquiare*, qui se rend dans le Rio-Negro, et établit de cette manière une communication entre l'Orénoque et l'Amazone. Le Rio de la Plata n'est, pour ainsi dire, qu'un golfe d'eau douce, mais il

a des affluents très considérables; tels sont la *Parana*, l'*Uruguay*, le *Paraguay*, le *Vermejo*, le *Pilcomayo*. D'un autre côté, l'Amérique méridionale ne verse aucun cours d'eau important dans l'océan Pacifique.

L'Amérique septentrionale renferme le *Mississipi*, dont le bassin a une étendue qui ne le cède qu'à celui de l'Amazone, et qui se jette dans le golfe du Mexique. Parmi les nombreux affluents de ce fleuve se trouve la *rivière Rouge*, l'*Arkansas*, le *Missouri*, qui est le plus important de tous, l'*Illinois*, l'*Ohio*, le *Tennessee*. Dans le nombre des autres cours d'eau que reçoit le golfe du Mexique, nous citerons le *Rio Grande del Norte* ou *Rio-Bravo*, qui, comme le Mississipi, coule du nord au sud. Les cours d'eau que l'océan Atlantique reçoit directement de l'Amérique septentrionale sont moins considérables que ceux que nous venons d'indiquer; tels sont l'*Alatamaha*, le *Savannah*, le *Santee*, le *Potomac*, la *Susquehanna*, l'*Hudson*, le *Saint-Jean;* mais le golfe *Saint-Laurent* reçoit le large fleuve du même nom qui sert de débouché au groupe de grands lacs dont il va être parlé.

La baie d'Hudson et la mer Polaire reçoivent beaucoup de cours d'eau importants; tels sont l'*Albany*, la *Severn*, le *Nelson*, formé par les *Saskatchawan méridional et septentrioual*, le *Missinipi* ou *Churchill*, le *Coppermine*, le *Mackensie* ou *rivière de l'Esclave*. Les eaux de ces contrées présentent un caractère particulier, c'est que l'on y voit souvent la même plaine ou le même lac, soit constamment, soit temporairement, verser leurs eaux dans des bassins hydrographiques différents. Cette circonstance, jointe à l'abondance des eaux, est cause que les plaines qui s'étendent de la mer Polaire au bassin du Mississipi peuvent être traversées en divers sens avec des embarcations que l'on est seulement obligé de transporter sur de petites parties de terre que l'on nomme *portages*. Quoique l'Amérique septentrionale verse beaucoup plus d'eau dans l'océan Pacifique et ses dépendances que l'Amérique méridionale, les fleuves qui s'y rendent sont généralement moins importants que ceux qui se jettent dans les océans Atlantique et Arctique; nous citerons, parmi les principaux, le *Rio-Grande*, du Mexique, le *Rio-Colorado*, de Californie, le *Frazer* ou *Tacouche-Tesse* et surtout l'*Orégon* ou *Columbia* avec ses affluents : le *Lewis* ou *Saptine*, le *Clarke* ou *rivière des Têtes-Plates*, l'*Okanagan*, etc.

La partie septentrionale de l'Amérique est remarquable par l'importance des **lacs** qu'elle renferme; on y trouve notamment les *lacs Supérieur*, *Michigan*, *Huron*, *Érié* et *Ontario*, qui, groupés les uns près des autres, forment le plus grand amas connu d'eau douce. Parmi les

nombreux lacs situés au nord-ouest de ce groupe principal, nous citerons ceux de *Winnipeg*, de *Winipégos*, d'*Athapescow* ou des *Montagnes*, de l'*Esclave*, du *grand Ours;* au sud-ouest se trouve le *grand lac salé*, qui n'a point de débouché et qui reçoit les eaux du *lac d'Utah* ou *Timpanogos*. Nous citerons encore les *lacs du Cayman*, de *Chapala*, de *Tescuco* au Mexique et le *lac de Nicaragua* dont on se sert maintenant comme un moyen de communication entre les océans Atlantique et Pacifique.

Les *lacs* sont beaucoup plus rares dans l'Amérique méridionale, où l'on trouve cependant celui de *Titicaca* ou *de Chucuito* sur les confins du Pérou et de la Bolivie remarquable par son étendue ainsi que par son altitude de 3 888 mètres et dont les eaux s'écoulent par le Rio Desaguadéro et se perdent tant dans le cours de cette rivière, que dans le *lac de Pansa* également situé sur le plateau de Bolivie. Nous citerons aussi le *lac de Maracaïbo*, dans la Nouvelle Grenade; celui *de los Patos*, dans le sud du Brésil, qui est plutôt une lagune qu'un véritable lac, et le *lac* temporaire *de Xarayes*, à l'est de cette région, qui n'est qu'une plaine marécageuse régulièrement inondée dans la saison des pluies.

Divisions. — L'*Amérique*, ainsi qu'on a pu le voir d'après sa forme, se divise d'une manière très distincte en deux portions, l'une *septentrionale*, l'autre *méridionale*, que nous subdivisons en 19 régions, savoir : dans l'Amérique septentrionale, l'*Islande*, le *Groenland*, la *Nouvelle-Bretagne*, la *Béringie*, l'*Orégonie*, la *Mississipie*, l'*Alléghanie*, le *Mexique*, la *Disthmie* et les *Antilles;* dans l'Amérique méridionale, la *Nouvelle-Grenade*, la *Guyane*, le *Quito*, le *Pérou*, la *Bolivie*, le *Brésil*, la *Platarie*, le *Chili*, la *Patagonie*, et les *îles Australes* (1).

(1) J'entends par *Béringie* l'Amérique russe prolongée jusqu'au faîte des montagnes rocheuses.

Par *Orégonie* les contrées à l'ouest des montagnes rocheuses depuis la rivière de Simpson jusqu'au Rio Gila.

La *Mississipie* comprend les grandes plaines arrosées par le Mississipi.

L'*Alleghanie* comprend les pays entre les plaines du Mississipi et l'océan Atlantique, c'est à dire ceux des *États-Unis* que l'on appelle *de l'est*, plus les possessions anglaises au sud du Saint Laurent.

Ces deux dernières régions n'en formaient qu'une dans mes éditions antérieures sous le nom de Washingtonie, mais cette dénomination ne pouvait être conservée depuis que l'on a donné le nom de Washington à un territoire qui n'est pas compris dans cette région, et il est d'ailleurs plus naturel et plus conforme à l'usage de séparer le bassin du Mississipi des États à l'est de l'Alleghany.

Par *Disthmie* j'entends la partie du continent comprise entre l'isthme de Tehuantepec et celui de Panama et par *Platarie* les divers Etats arrosés par les affluents du Rio de la Plata.

CINQUIÈME PARTIE DE LA TERRE. — OCÉANIE.

Limites. — L'*Océanie*, telle que nous l'entendons, peut être considérée comme limitée dans le nord de l'océan Pacifique par le 40ᵉ degré de latitude boréale, ensuite par une ligne tirée au milieu de la grande bande de cet océan dépourvue d'îles qui longe l'Amérique, puis par le 60ᵉ degré de latitude australe, et enfin par une ligne sinueuse tirée de ce degré au 40ᵉ degré de latitude boréale, en laissant à l'ouest les archipels des Moluques, des Philippines et du Japon (1).

Cette partie de la terre se compose du petit continent de la Nouvelle-Hollande, des nombreuses îles du milieu de l'océan Pacifique et des terres voisines du cercle polaire antarctique. L'**étendue** de celles de ces terres dont on connaît les limites est évaluée à environ 100 000 myriamètres carrés, mais on a reconnu, dans le voisinage du pôle austral, des terres dans l'intérieur desquelles on n'a pu pénétrer et qui pourraient avoir une surface à peu près égale à celle des parties connues.

Divisions. — Nous distinguons dans l'Océanie trois portions situées respectivement au milieu, au nord-est et au sud; nous les désignons par les noms de *Polynésie*, d'*Australie* et d'*Antarctie*.

La **Polynésie**, qui embrasse près de la moitié de l'espace occupé par l'Océanie, est séparée des autres divisions par une portion de mer, moins remplie d'îles, qui passe au sud des îles Carolines et des îles de Fidji, de sorte qu'elle est entièrement baignée par l'océan Pacifique et ses dépendances.

Elle se compose d'une multitude de petites îles, ordinairement réunies en archipels, quelquefois isolées. Une partie de ces îles est basse et presque à fleur d'eau; d'autres, au contraire, présentent des montagnes plus ou moins élevées et souvent de forme conique. La plupart sont entourées de récifs.

Le nombre de ces îles et leurs grandes ressemblances seraient cause qu'une énumération complète et une description particulière de chaque groupe nous entraîneraient au delà du cadre que nous nous sommes

(1) J'ai fait connaître ci-dessus les motifs qui me portent à ne point comprendre la Malaisie dans l'Océanie, ainsi que le font beaucoup de géographes. D'un autre côté, les nouvelles découvertes faites vers le pôle austral indiquant une certaine contiguïté entre les terres que l'on y a observées, on ne peut plus répartir ces terres entre les trois parties du globe au sud desquelles elles se trouvent, tandis que leur peu d'importance ne leur donne pas le droit d'être élevées au rang de division de premier ordre; j'ai cru, en conséquence, devoir les comprendre dans l'Océanie, où elles formeront une troisième subdivision de second rang que, d'après Grœberg de Hemsœ, je désigne par le nom d'*Antarctie*.

tracé et présenteraient des répétitions fastidieuses. Nous nous bornerons, en conséquence, à citer les treize archipels ci-après, auxquels on pourrait, jusqu'à un certain point, rattacher respectivement les groupes moins importants et les petites îles isolées qui en sont plus ou moins éloignées. Ces archipels principaux sont :

Les *îles Sandwich*, au nord-est, l'un des groupes les plus importants et qui présentent la cime la plus élevée observée jusqu'à présent dans la Polynésie; savoir : le *Mauna-Roa*, dans l'île d'*Owhyhee* ou *Hawaii*, haut de 4 837 mètres.

L'*archipel d'Anson*, qui ne renferme que quelques petites îles, éloignées les unes des autres.

L'*archipel de Magellan*, au nord-ouest, qui ne renferme aussi que de petites îles, où l'on distingue les groupes de *Mounin Sima* ou *Bonin Sima*, de *Malagrida*, de *Grampus*, des *Volcans*, de *Peel*, de *Kendrick*, etc.

Les *îles Mariannes* ou *des Larrons*, qui forment une chaîne dirigée du nord au sud.

Les *îles Carolines* ou *Nouvelles-Philippines*, dans lesquelles on pourrait comprendre les *îles Pelew* ou *Palaos*, et qui forment aussi une chaîne de petites îles, mais dirigées de l'ouest à l'est.

L'*archipel de Mulgrave* ou de *Marshall*, qui se compose des *îles Brown*, des *îles Ralik*, des *îles Radak*, des *îles Skarborough ou Gilbert*, des *îles Kingsmill*, etc.

Les *îles Fidji* ou *Viti*.

Les *îles des Amis* ou *archipel de Tonga*, ainsi nommé de *Tonga-Taboo* ou *île d'Amsterdam*, l'une des principales de ce groupe.

L'*archipel de Bougainville*, dans lequel nous réunissons deux groupes assez éloignés : celui des *îles d'Hamoa* ou *des Navigateurs* à l'ouest, et celui des *îles Roggewin* à l'est, ainsi que plusieurs îles isolées.

L'*archipel de Cook* dont l'*île* principale est celle *de Mangea* ou *Manaca*, et dans lequel nous comprenons les *îles Hervey*, les *îles Toubouai*, et plusieurs îles isolées.

Les *îles de la Société*, où se trouve notamment l'*île d'Otahiti*, qui renferme le *mont Oroena*, haut de 3 323 mètres.

L'*archipel de Pomotou* ou des *îles Basses*, qui se compose d'un grand nombre de petites îles ordinairement très basses, où l'on a souvent distingué deux groupes principaux sous les noms d'*archipels Dangereux* et d'*îles de la mer Mauvaise*.

Enfin l'*archipel des Marquises* ou *de Mendana* ou *Noukahiva*.

L'**Australie** s'étend entre l'équateur et le 60e degré de latitude

australe, et entre le 110e degré de longitude orientale et le 117e degré de longitude occidentale : elle est baignée, au nord et à l'est, par l'océan Pacifique; au sud, par l'océan Antarctique; à l'ouest, par l'océan Indien, la mer de Lanchidol, et par les bras de l'océan Pacifique qui séparent la Nouvelle-Guinée des îles Moluques.

Elle se compose du continent de la *Nouvelle-Hollande* et d'un grand nombre d'îles qui, outre celles que nous considérons comme dépendantes de la Nouvelle-Hollande, peuvent être rangées dans les cinq archipels suivants; savoir : de la *Nouvelle-Guinée*, de *Salomon*, des *Nouvelles-Hébrides*, de la *Nouvelle-Calédonie* et de la *Nouvelle-Zélande*.

La terre principale de l'archipel de la *Nouvelle-Guinée* est la grande île du même nom, appelée aussi *terre des Papous* et *Papouasie*, dont l'étendue est de plus de 7 000 myriamètres carrés. On peut y annexer les îles *Arrou*, à l'ouest, et les îles de la *Louisiade*, à l'est.

Nous croyons pouvoir étendre le nom d'*archipel de Salomon* à une grande chaîne d'îles, dirigée du nord-ouest au sud-est et qui se compose des îles *Salomon proprement dites* ou *terre des Arsacides* ou *Nouvelle-Géorgie*, des *îles de la Nouvelle-Bretagne*, de la *Nouvelle-Irlande*, *de l'Amirauté*, à l'ouest, et des *îles de la Reine-Charlotte* ou de *Santa-Cruz*, à l'est.

Les *Nouvelles-Hébrides* ou *archipel du Saint-Esprit* ou de *Quiros*, forment, en quelque manière, la continuation de la chaîne de l'archipel de Salomon.

L'archipel de la *Nouvelle-Calédonie*, un peu plus au sud, se compose de l'île de ce nom, qui est assez importante, et de quelques petites îles plus ou moins éloignées.

L'archipel de la *Nouvelle-Zélande* est principalement formé par deux grandes îles : celle d'*Eaheïnomauwe* et celle de *Tavaï poenammou*. On peut rapporter à cet archipel les petites îles de *Kermandec*, au nord; de *Broughton* ou de *Chatham*, à l'est; d'*Antipodes*, d'*Auckland* et de *Macquari*, au sud.

Quant à la *Nouvelle-Hollande*, aussi nommée *Notasie* ou *Australie propre*, son étendue est d'environ 76 000 myriamètres carrés; mais elle est encore fort peu connue, attendu que les peuples civilisés n'ont presque pas pénétré dans son intérieur, lequel renferme beaucoup de déserts privés d'eau douce. Nous nous bornerons à dire que l'on a observé dans la partie sud-est, une série de montagnes auxquelles on a donné, en allant du nord au sud, les noms de *montagnes Bleues*, *Alpes australes*, *Pyrénées australes* et *Grampians du sud*. Le *Seaview-Hill*, dans la première de ces divisions, a 1 982, et le *mont William*, dans la

dernière, a un peu moins de 1 400 mètres d'altitude. Sur la côte occidentale, il y a une cime qui paraît atteindre plus de 3 000 mètres, c'est le *pic près de la rivière des Cygnes*. Les grands cours d'eau semblent être très rares dans ce continent, du moins on en a peu remarqué le long des côtes. Le plus considérable de ceux connus jusqu'à présent est le *Murray*, qui arrose la partie sud-est.

Il y a aussi dans le milieu de la partie méridionale de très grands lacs parmi lesquels nous citerons le *lac Torrens*, le *lac Gairdner*, le *grand lac Salé*.

La principale des îles que nous considérons comme dépendance de la Nouvelle-Hollande, est celle de *Van Diemen* ou *Tasmanie*, au sud du continent, qui présente une cime, le *mont Wellington*, haute de 1 524 mètres.

Les terres que nous désignons, d'après Grœberg de Hemsœ, sous le nom d'**Antarctie,** sont situées au sud du 60e degré de latitude australe. On n'y connaît encore que quelques petites îles et quelques portions de côtes, presque toujours embarrassées de glaces, qui paraissent appartenir soit à de grands archipels, soit à un petit continent qui pourrait avoir une étendue analogue à celle de la Nouvelle-Hollande.

Ces terres forment trois groupes qui sont respectivement placés au sud de l'Australie, de l'Afrique et de l'Amérique. Le premier se compose de *terres* qui ont été successivement découvertes sous les noms *de Sabrina*, *de Balleny*, *d'Adélie*, *de Victoria*, et que l'on a aussi désignées sous le nom collectif de *terres de Wilkes;* on y a reconnu des montagnes très élevées, notamment le *mont Erèbe* qui a plus de 4 000 mètres d'altitude. Le second groupe, qui se prolonge, comme le premier, sous le cercle polaire, comprend les *terres d'Enderby* et *de Kemps*. Le troisième renferme les *terres de la Trinité* ou de *Louis-Philippe*, *de Palmer*, *de Graham* et *d'Alexandre Ier*, que l'on désigne quelquefois par le nom collectif de *terre de Gerrits*. On y trouve aussi l'*île de Pierre Ier*, les *îles Biscoe*, comprenant entre autres l'*île Adélaïde* et l'*île Pitt*, les *Schetland australes*, petites îles environnées de rochers, les *Orcades australes* ou *Powel* qui sont aussi de petites îles montueuses, etc.

LIVRE II.

DE LA MINÉRALOGIE.

Les matériaux qui composent le globe terrestre sont ordinairement désignés par le nom collectif de **Substances minérales**; mais quand on les considère dans leur état de pureté et d'individualité, s'il est permis de s'exprimer de la sorte, on les nomme *minéraux*, tandis que l'on appelle *roches* les masses assez considérables pour être prises en considération dans l'étude de la structure générale de l'écorce du globe; masses qui sont plus souvent composées de l'association de divers minéraux que d'un seul minéral.

Le cadre dans lequel nous devons nous restreindre et le but de cet abrégé sont causes que nous ne donnerons ici que des notions très sommaires sur les caractères généraux et sur la classification des minéraux; mais nous entrerons dans plus de détails sur les roches considérées minéralogiquement (1).

(1) Les personnes qui désireront mieux connaître la manière dont j'envisage la minéralogie pourront recourir à mon *Introduction à la Géologie* (1833) et à mon *Précis de Géologie* (1843).

CHAPITRE Ier.

DES PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MINÉRAUX.

Division. Les minéraux étant privés de la vie, leurs propriétés se réduisent à celles qui résultent des phénomènes physiques et chimiques, c'est à dire que les unes, telles que la forme, la couleur, la pesanteur, la résistance aux actions mécaniques, se manifestent extérieurement sans que le minéral change de nature, tandis que les autres, telles que la combustibilité et la solubilité, ne se manifestent pas sans que la composition intérieure du minéral éprouve quelques changements; de sorte que l'on peut considérer les propriétés générales des minéraux comme se divisant en deux groupes principaux que l'on désigne par les noms de *propriétés chimiques* et de *propriétés physiques* ou *caractères extérieurs*. Nous subdiviserons ces dernières en *propriétés géométriques*, *mécaniques*, *optiques*, *électriques*, *magnétiques* et *acoustiques*.

Quoique les **propriétés chimiques des minéraux** soient les plus importantes, puisque ce sont elles qui constituent réellement le minéral, nous n'en dirons ici que quelques mots, attendu qu'on peut les considérer comme connues par la chimie où l'on apprend ce que c'est qu'un *corps simple* et une *combinaison*, et où l'on expose le beau système de notation imaginé par le célèbre Berzélius, système qui donne le moyen de faire connaître la composition des minéraux par quelques signes ou formules très abrégées.

Nous ferons cependant remarquer que les **minéraux** présentent rarement des combinaisons pures, mais qu'ils sont ordinairement

mélangés, c'est à dire que, outre les *éléments essentiels* qui composent les proportions atomiques d'une combinaison, ils contiennent plus ou moins de *parties accidentelles* qui s'y trouvent unies d'une manière *intime*, ou associées de façon à pouvoir être séparées par une opération *mécanique*.

Les **mélanges intimes** sont aussi de deux catégories, selon qu'ils conservent ou qu'ils perdent les caractères extérieurs propres au minéral pur. Dans le cas des **mélanges qui conservent leurs caractères extérieurs,** l'existence du mélange ne se révèle que par l'analyse chimique, qui fait connaître que la substance analysée contient des principes étrangers, ou que ses éléments essentiels s'y trouvent dans des proportions différentes de celles de la composition normale du minéral. On peut ensuite, au moyen de calculs, déterminer la quantité de matières qui sont censées représenter d'autres minéraux mélangés avec le minéral principal.

On peut encore distinguer dans ces **mélanges** ceux qui sont formés d'une manière accidentelle ou arbitraire et ceux qui ont lieu **par substitution**. On sait, par la chimie, que certains corps que l'on appelle *isomorphes*, parce que l'on suppose que leurs atomes ont la même forme, peuvent se substituer indéfiniment l'un à l'autre dans une combinaison, sans que les proportions générales des éléments ayant des formules différentes, éprouvent de variations. C'est ainsi, par exemple, que dans le calcaire, qui est formé de chaux et d'acide carbonique, c'est à dire d'une base à un atome d'oxygène sur un atome de calcium et d'un acide à deux atomes d'oxygène sur un atome de carbone, la magnésie, qui est un corps de même formule que la chaux, c'est à dire composé d'un atome d'oxygène sur un atome de magnesium, peut être substituée en toute proportion à la chaux. Mais, quelle que soit la proportion relative de l'une ou de l'autre de ces deux bases qui entre dans la combinaison, le nombre des atomes de ces deux bases demeure égal à celui des atomes d'acide carbonique.

La détermination des minéraux qui entrent dans la composition des **mélanges intimes qui ont des caractères extérieurs particuliers** présente beaucoup de difficultés. Ces mélanges sont cependant très abondants dans la nature et constituent un grand nombre de roches que nous désignerons sous le nom de *roches à base d'apparence simple*.

Quant aux **mélanges** dont les parties peuvent être séparées par des moyens **mécaniques**, parce qu'ils consistent dans l'association de parties qui conservent leurs caractères particuliers, l'étude des minéraux n'y voit qu'un mode de gisement des substances qui composent ces

CHAPITRE Ier.

DES PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES MINÉRAUX.

Division. Les minéraux étant privés de la vie, leurs propriétés se réduisent à celles qui résultent des phénomènes physiques et chimiques, c'est à dire que les unes, telles que la forme, la couleur, la pesanteur, la résistance aux actions mécaniques, se manifestent extérieurement sans que le minéral change de nature, tandis que les autres, telles que la combustibilité et la solubilité, ne se manifestent pas sans que la composition intérieure du minéral éprouve quelques changements ; de sorte que l'on peut considérer les propriétés générales des minéraux comme se divisant en deux groupes principaux que l'on désigne par les noms de *propriétés chimiques* et de *propriétés physiques* ou *caractères extérieurs*. Nous subdiviserons ces dernières en *propriétés géométriques*, *mécaniques*, *optiques*, *électriques*, *magnétiques* et *acoustiques*.

Quoique les **propriétés chimiques des minéraux** soient les plus importantes, puisque ce sont elles qui constituent réellement le minéral, nous n'en dirons ici que quelques mots, attendu qu'on peut les considérer comme connues par la chimie où l'on apprend ce que c'est qu'un *corps simple* et une *combinaison*, et où l'on expose le beau système de notation imaginé par le célèbre Berzélius, système qui donne le moyen de faire connaître la composition des minéraux par quelques signes ou formules très abrégées.

Nous ferons cependant remarquer que les **minéraux** présentent rarement des combinaisons pures, mais qu'ils sont ordinairement

mélangés, c'est à dire que, outre les *éléments essentiels* qui composent les proportions atomiques d'une combinaison, ils contiennent plus ou moins de *parties accidentelles* qui s'y trouvent unies d'une manière *intime*, ou associées de façon à pouvoir être séparées par une opération *mécanique*.

Les **mélanges intimes** sont aussi de deux catégories, selon qu'ils conservent ou qu'ils perdent les caractères extérieurs propres au minéral pur. Dans le cas des **mélanges qui conservent leurs caractères extérieurs**, l'existence du mélange ne se révèle que par l'analyse chimique, qui fait connaître que la substance analysée contient des principes étrangers, ou que ses éléments essentiels s'y trouvent dans des proportions différentes de celles de la composition normale du minéral. On peut ensuite, au moyen de calculs, déterminer la quantité de matières qui sont censées représenter d'autres minéraux mélangés avec le minéral principal.

On peut encore distinguer dans ces **mélanges** ceux qui sont formés d'une manière accidentelle ou arbitraire et ceux qui ont lieu **par substitution**. On sait, par la chimie, que certains corps que l'on appelle *isomorphes*, parce que l'on suppose que leurs atomes ont la même forme, peuvent se substituer indéfiniment l'un à l'autre dans une combinaison, sans que les proportions générales des éléments ayant des formules différentes, éprouvent de variations. C'est ainsi, par exemple, que dans le calcaire, qui est formé de chaux et d'acide carbonique, c'est à dire d'une base à un atome d'oxygène sur un atome de calcium et d'un acide à deux atomes d'oxygène sur un atome de carbone, la magnésie, qui est un corps de même formule que la chaux, c'est à dire composé d'un atome d'oxygène sur un atome de magnesium, peut être substituée en toute proportion à la chaux. Mais, quelle que soit la proportion relative de l'une ou de l'autre de ces deux bases qui entre dans la combinaison, le nombre des atomes de ces deux bases demeure égal à celui des atomes d'acide carbonique.

La détermination des minéraux qui entrent dans la composition des **mélanges intimes qui ont des caractères extérieurs particuliers** présente beaucoup de difficultés. Ces mélanges sont cependant très abondants dans la nature et constituent un grand nombre de roches que nous désignerons sous le nom de *roches à base d'apparence simple*.

Quant aux **mélanges** dont les parties peuvent être séparées par des moyens **mécaniques**, parce qu'ils consistent dans l'association de parties qui conservent leurs caractères particuliers, l'étude des minéraux n'y voit qu'un mode de gisement des substances qui composent ces

mélanges; mais comme ceux-ci composent quelquefois des masses extrêmement abondantes, l'étude des roches s'en occupe d'une manière spéciale et nous aurons l'occasion d'en décrire un grand nombre sous le nom de *roches à base mélangée phanérogène*.

Recherche des propriétés chimiques. — Sans nous occuper ici des opérations chimiques par lesquelles on détermine la composition des minéraux, nous dirons que les principaux caractères chimiques de ces substances se reconnaissent, soit par les phénomènes qui se passent lorsqu'ils sont exposés à l'*action de la chaleur*, à celle de certains corps connus en chimie sous le nom de *réactifs*, ou à celle de l'*atmosphère*, soit par l'*action qu'ils exercent sur nos sens*.

Les minéralogistes recherchent les effets de **l'action de la chaleur** le plus communément à l'aide du chalumeau, instrument au moyen duquel on fait éprouver à de petits fragments de minéraux une chaleur aussi forte que celle que l'on produit en grand dans les fourneaux.

Quelques minéraux sont *inaltérables* par la chaleur seule, qualité que l'on exprime ordinairement par le mot *infusible*. Les autres sont plus ou moins *altérables*, et sont ou tout à fait *fixes*, ou *décrépitants*, ou plus ou moins *volatiles*. Parmi les minéraux fixes, les uns sont seulement *désagrégés*, les autres sont *fondus;* ceux-ci présentent divers degrés, les uns n'étant que faiblement *fusibles sur les bords*, d'autres se couvrant d'un léger *vernis vitreux*, d'autres se transformant en une *fritte* imparfaitement fondue et plus ou moins boursouflée, d'autres étant complétement *fusibles*, soit en *émail* ou verre opaque, soit en *verre* transparent, soit en *globule métallique*. On dit que les minéraux *décrépitent* lorsque l'effet de la chaleur les fait éclater et se disperser en un grand nombre de petites parties; on est obligé alors, pour pousser plus avant leur traitement au chalumeau, de les réduire en poussière et de les chauffer dans le petit creuset de charbon ou de platine, et on reconnaît ainsi s'ils sont *fusibles* ou *infusibles*. D'un autre côté, les minéraux sont totalement ou partiellement *volatils*, selon que tout ou partie des principes qui les composent s'échappent sous la forme de gaz. Dans le second cas, les parties restant fixes présentent les mêmes phénomènes qui distinguent les minéraux fixes.

Souvent on associe l'**action des réactifs** à celle de la chaleur, soit *par la voie sèche*, en ajoutant certains solides au fragment soumis à l'expérience pour déterminer sa fusion et obtenir des verres dont la couleur sert à caractériser les éléments de la substance, soit *par la voie humide*, afin de rendre l'action des réactifs plus énergique. Considérés à ce point de vue, quelques minéraux sont *attaquables* par les acides, soit

simplement, soit avec des dégagements de gaz qui produisent ce que l'on appelle une *effervescence;* beaucoup sont tout à fait *inattaquables*, à moins qu'on ne les ai fait préalablement fondre avec un réactif sec. Quelques minéraux sont *solubles* dans l'eau en tout ou en partie; le plus grand nombre est *insoluble*. Parmi ces derniers, il y en a qui *ne se mouillent pas*, et d'autres qui sont *mouillables*, c'est à dire que, dès qu'ils sont en contact avec l'eau, ce liquide adhère rapidement au minéral. Cette tendance est quelquefois telle, que si on applique un de ces minéraux sur la langue, l'humidité qui entoure cet organe étant absorbée, il se produit un vide qui amène une forte adhérence, et l'on dit alors que le minéral *happe à la langue*.

Lorsque les minéraux sont exposés à l'**action de l'atmosphère**, les uns sont *inaltérables* ou du moins s'altèrent avec une telle lenteur, que cette altération peut être considérée en minéralogie comme sensiblement nulle; d'autres *s'oxydent*, c'est à dire qu'ils absorbent l'oxygène de l'atmosphère. D'autres sont *déliquescents*, c'est à dire qu'ils absorbent l'humidité de l'atmosphère; d'autres, au contraire, sont *efflorescents*, c'est à dire qu'ils tombent en poussière ou du moins se couvrent d'un enduit pulvérulent.

Les **actions des minéraux sur nos sens**, que l'on peut considérer comme chimiques, dépendent de leur *saveur* et de leur *odeur*. Sous le premier rapport, la plupart des minéraux sont *insipides*, d'autres en petit nombre sont *sapides :* et sous le second, la plupart sont *inodores*, et quelques-uns *odorants*.

Les **propriétés géométriques des minéraux** peuvent être envisagées sous trois points de vue, selon que l'on considère les *formes* extérieures de ces corps, l'arrangement intérieur de leurs parties appelé ordinairement *texture*, et les formes qu'ils prennent lorsqu'on les brise, ce que l'on nomme leur *cassure*.

Les **formes des minéraux** peuvent être divisées en cinq catégories, que nous désignons par les épithètes de *cristallines*, de *concrétionnées*, de *massives*, de *fragmentaires* et d'*organiques*.

Les **formes cristallines** doivent leur origine à un phénomène extrêmement important, connu sous le nom de *cristallisation;* mais ce phénomène, qui n'est point particulier au règne minéral, étant un des phénomènes généraux de la nature, son étude fait partie des sciences physiques, telles que nous les avons définies; de sorte que nous ne donnerons point ici de détails à ce sujet, et que nous nous bornerons à rappeler en peu de mots quelques notions sur les principales formes produites par ce phénomène.

On entend par *cristaux* des corps où la force de cristallisation a pu produire des solides polyédriques terminés par des faces ordinairement planes et brillantes.

Le nombre de formes particulières qu'affectent les cristaux est très considérable, et l'on en connaît aujourd'hui plusieurs milliers ; mais leur étude et la théorie des lois de la cristallisation permettent de les considérer comme dérivant de six formes simples. De sorte que, si l'on suppose des solides ayant l'une de ces formes, et que l'on en retranche successivement des parties en suivant les règles de la cristallographie, c'est à dire en opérant de la même manière sur toutes les arêtes de même espèce ou sur tous les angles solides de même espèce, dans le cas de l'holoédrie, ou sur la moitié soit des arêtes de même espèce, soit des angles de même espèce, dans le cas de l'hémiédrie, on obtiendra successivement des solides qui présentent toutes les formes possibles de cristaux. On parviendra aussi au même résultat si, au lieu de retrancher, on ajoute sur les faces de ces solides des lames qui éprouvent successivement des décroissements conformes aux lois de la cristallisation, c'est à dire qui soient les mêmes sur toutes les arêtes ou sur tous les angles de même espèce, dans le cas de l'holoédrie, ou seulement sur la moitié des arêtes ou des angles de même espèce, dans le cas de l'hémiédrie.

On peut d'après cette considération **diviser les cristaux en six systèmes,** et cette division n'a rien d'arbitraire, car le calcul démontre que les formes appartenant à un système ne peuvent dériver de celles d'un autre système, mais, comme il y a des systèmes qui présentent plusieurs formes simples que l'on peut considérer comme dérivant l'une de l'autre, on peut également prendre l'une ou l'autre de ces formes comme type du système, d'où il résulte que les auteurs varient dans le choix de la forme prise pour type et désignent un même système par des noms différents.

Les formes qui ont été prises par Dufrénoy pour types des systèmes sont :

1° Le cube;

2° Le prisme droit à base carrée;

3° Le prisme droit à base rectangle ou rhomboïdale;

4° Le rhomboèdre ou prisme rhomboïdal oblique dont toutes les faces sont égales;

5° Le prisme rhomboïdal oblique ou prisme oblique symétrique;

6° Le prisme oblique non symétrique.

Conservant cet ordre de numération et y ajoutant les noms uni-

voques les plus usités, nous considérons les cristaux comme divisés en six systèmes de la manière suivante :

Le *premier système* ou *système cubique*, dont les trois axes sont perpendiculaires entre eux et d'égale longueur.

Le *second système* ou *système quadratique*, dont les trois axes sont aussi perpendiculaires entre eux, mais dont deux seulement sont égaux.

Le *troisième système* ou *système orthorhombique*, dont les trois axes sont encore perpendiculaires entre eux, mais sont tous de longueurs différentes.

Le *quatrième système* ou *système rhomboédrique*, dont les trois axes passant par le milieu des faces opposées se coupent sous des angles obliques et sont d'égales longueurs.

Le *cinquième système* ou *système klinorhombique*, dont les axes forment également des angles obliques, et dont un axe est différent des deux autres qui sont égaux.

Le *sixième système* ou *système klinoédrique*, dans lequel il n'y a rien de symétrique (1).

Les formes des cristaux, ainsi qu'on vient de le voir, étant censées le résultat de décroissements qui se seraient opérés sur une forme simple il en résulte que cette forme ou celles d'autres solides de la géométrie produits par ces modifications se reconnaissent dans les cristaux où elles sont plus ou moins modifiées. Ce solide est alors ce qu'on appelle la **forme dominante** d'un groupe de cristaux.

(1) Voici les principales dénominations appliquées par les auteurs à ces systèmes, savoir :

Pour le 1er, *régulier, tessulaire, tesseral, tetraédrique, sphéroédrique, octaèdre régulier.*

Pour le 2e, *prismatique à base carrée, octaèdre à base carrée, pyramidal, tetragonal, binosingulaxe, Dimitric.*

Pour le 3e, *prismatique droit à base rectangle, octaèdre à base rectangle, Trimitric.*

Pour le 4e, *hexagonal, rhomboïdal.*

Pour le 5e, *prismatique oblique rectangulaire, monoclinoïdrique, monoclinic.*

Pour le 6e, *prismatique oblique non symétrique, ternosingulaxe, Triclinic.*

Les 3e, 4e et 5e systèmes sont quelquefois réunis sous le nom de *Singulaxes.*

Les 3e, 5e et 6e sous celui de *Rhombiques.*

Le 4e a été placé à tous les rangs, ce qui est cause que la plupart des autres systèmes ne portent pas les mêmes numéros chez les divers auteurs.

Voici les principales de ces formes :

1er SYSTÈME.

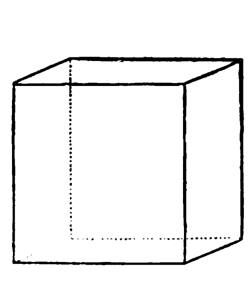


Fig. 1re. Cube.

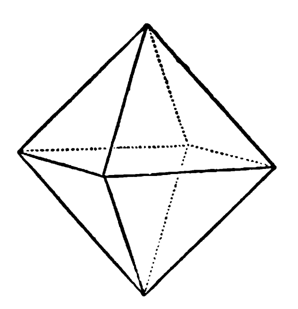


Fig. 2. Octaèdre régulier.

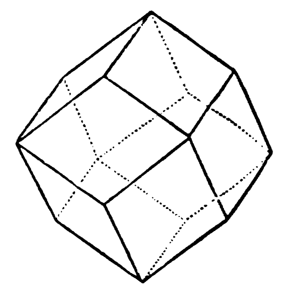


Fig. 3. Dodécaèdre rhomboïdal.

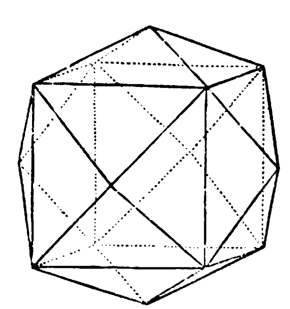


Fig. 4. Hexatétraèdre.

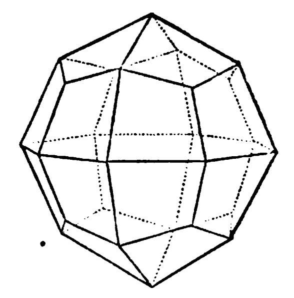


Fig. 5. Trapézoedre.

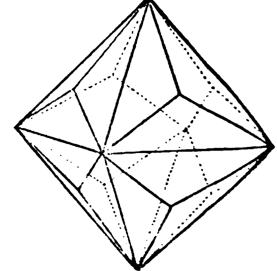


Fig. 6. Octotriaèdre.

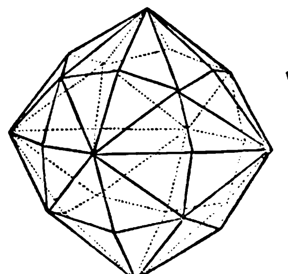


Fig. 7. Octohexaèdre.

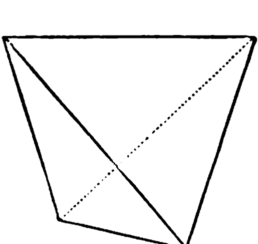


Fig. 8. Tétraèdre régulier.

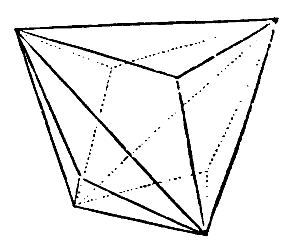


Fig. 8bis. Tétratrièdre.

1er SYSTÈME (*suite*).

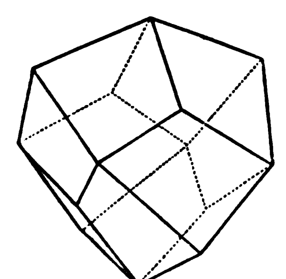


Fig. 9. Dodécaèdre trapézoïdal.

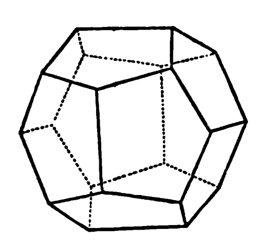


Fig. 10. Dodécaèdre pentagonal.

2e SYSTÈME.

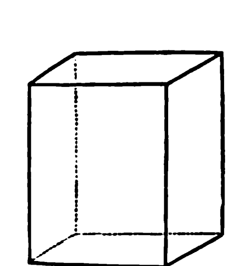


Fig. 11. Prisme droit à base carrée.

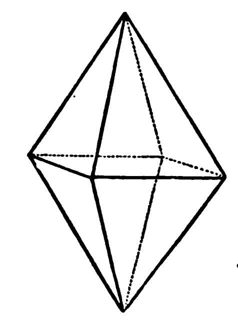


Fig. 12. Octaèdre à base carrée.

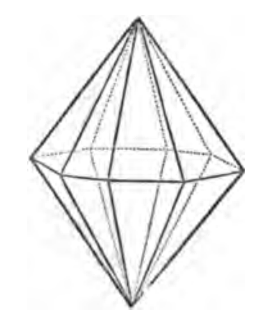


Fig. 13. Dioctaèdre.

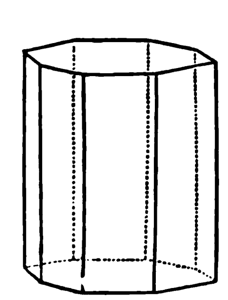


Fig. 14. Prisme à huit faces symétriques.

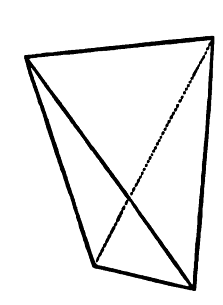


Fig. 15. Sphénoèdre.

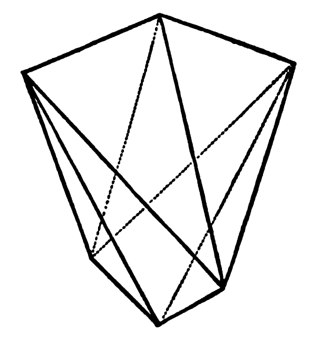
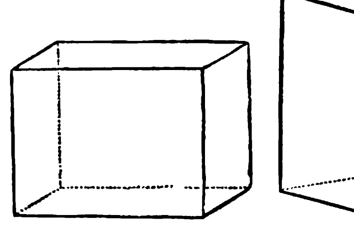


Fig. 16. Scalénoèdre.

3e SYSTÈME.



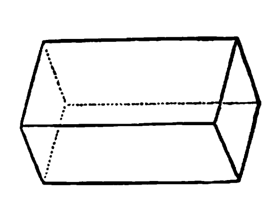


Fig. 17. Prisme droit rectangulaire. Fig. 18. Prisme droit rhomboïdal. Fig. 19. Dome.

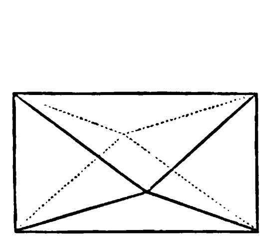




Fig. 20. Octaèdre rectangulaire.

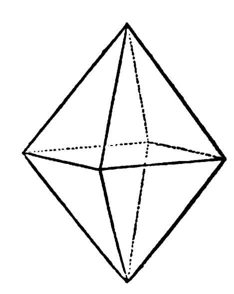


Fig. 21. Octaèdre rhomboïdal.

4e SYSTÈME.

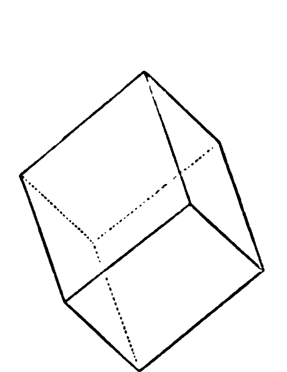


Fig. 22. Rhomboèdre.

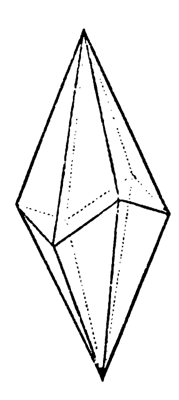


Fig. 23. Scalénoèdre.

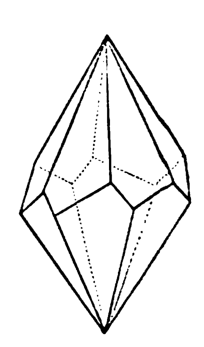


Fig. 24. Trapézoèdre hexagonal.

4e SYSTÈME (*suite*).

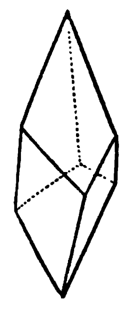


Fig. 25. Trapézoèdre trigonal.

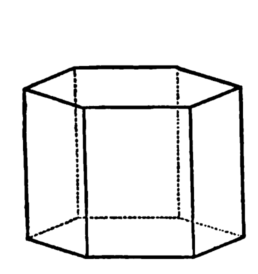


Fig. 26. Prisme hexagonal.

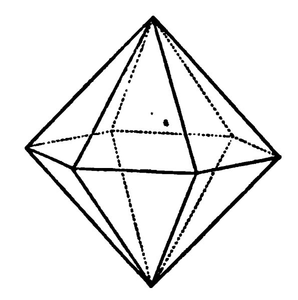


Fig. 27. Dihexaèdre.

5e SYSTÈME.

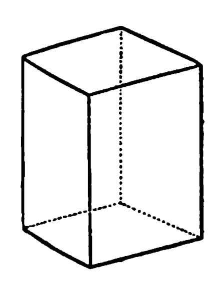


Fig. 28. Prisme rhomboïdal oblique.

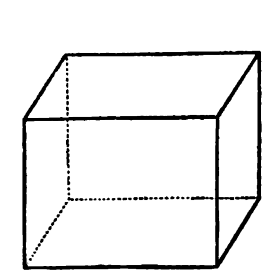


Fig. 29. Prisme rectangulaire oblique.

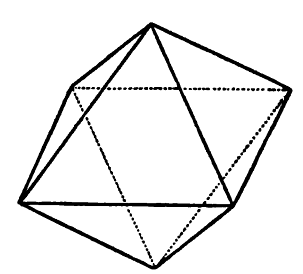


Fig. 30. Octaèdre rectangulaire oblique.

6e SYSTÈME.

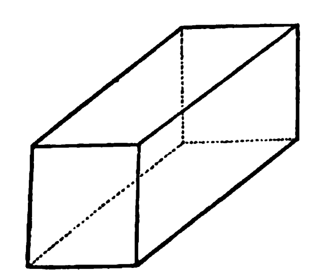


Fig. 31. Prisme oblique non symétrique.

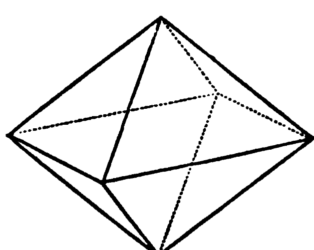


Fig. 32. Octaèdre non symétrique.

Dans un même système cristallin les formes simples que présentent les cristaux ou bien celles auxquelles on peut les ramener varient, dans certaines limites, selon la nature du minéral et l'on désigne par la dénomination de **forme primitive** ou *fondamentale* celle de ces formes qui est le plus communément indiquée comme forme dominante ou qui se prête le mieux, d'après les lois d'accroissement, aux calculs de la formation des autres **formes** que l'on appelle **secondaires**.

Les **formes cristallines** étant probablement une conséquence de celle des molécules qui composent les corps, il en résulte qu'elles sont **en rapport avec la nature des minéraux** et qu'elles servent à caractériser ces substances; mais il est à remarquer, à cet égard, qu'il y a des minéraux qui sont *isomorphes* c'est à dire qui prennent des formes analogues, ce qui n'a lieu que chez quelques corps simples ou dans des composés qui ont la même formule atomique. Il y a aussi quelques combinaisons de même nature que l'on appelle *dimorphes*, parce qu'elles cristallisent dans deux systèmes cristallins, mais le nombre en est excessivement petit, et d'ailleurs on les considère ordinairement comme formant des minéraux distincts, d'autant plus que cette différence dans la forme cristalline coïncide avec d'autres différences extérieures.

Du reste, ce rapport entre la nature des minéraux et leurs formes cristallines n'a lieu que pour les *vrais cristaux*, et non pour ceux qui ont changé de nature et que l'on distingue par les dénominations de *cristaux épigènes* et de *cristaux pseudomorphiques*. Les premiers n'ont éprouvé qu'un changement partiel, résultant du remplacement d'un des principes par un principe étranger au minéral originaire. Dans les seconds, ce dernier est entièrement disparu et se trouve remplacé par une substance différente qui s'est moulée dans l'emplacement qu'occupait le cristal originaire. Les cristaux qui ont changé de nature, se distinguent ordinairement des vrais cristaux, parce qu'ils ne sont pas *clivables*, propriété que nous ferons connaître tout à l'heure; mais quand il s'agit de minéraux qui ne sont pas clivables, on ne peut souvent les distinguer que parce que leurs formes ne sont pas celles que prennent les vrais cristaux de la substance dont ils sont composés. Il est à remarquer aussi que leurs angles et leurs arêtes sont souvent émoussés et qu'ils renferment quelquefois dans leur intérieur de petites cavités qui, parfois, sont tapissées d'autres cristaux.

Outre les **cristaux normaux,** où les lois de la cristallisation se sont exécutées librement et où toutes les formes secondaires peuvent se déduire par des modifications symétriques sur les arêtes ou sur les angles des formes indiquées ci-dessus comme types, il y a des **cris-**

taux anomaux, où ces lois ont été plus ou moins modifiées par des circonstances accidentelles qui ont produit, soit de simples *défauts de symétrie*, soit des *groupements*, soit des *déformations*.

Les *cristaux non symétriques* diffèrent des cristaux normaux, parce qu'ils offrent des exceptions aux lois générales de la cristallisation, exceptions qui toutefois paraissent rentrer aussi dans des lois générales.

Les *cristaux* sont ordinairement si près les uns des autres, qu'il est rare d'en trouver dans la nature qui aient pu prendre complétement leurs formes normales; ils sont au contraire *groupés* entre eux, de manière que leur développement a été plus ou moins entravé et qu'ils offrent une multitude de dispositions qui suivent quelquefois des lois régulières, tels sont, entre autres, ce qu'on appelle *cristaux maclés*, où la réunion de deux cristaux donne naissance à des angles rentrants, circonstance qui ne peut exister dans les cristaux simples.

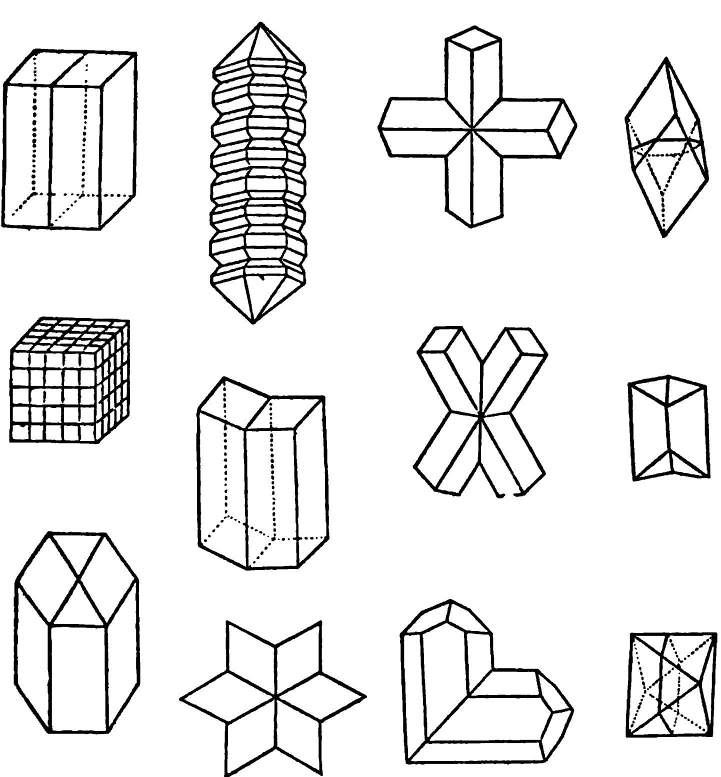


Fig. 33. Exemples de cristaux groupés.

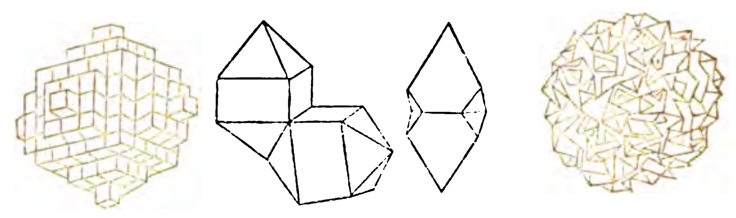


Fig. 33. Exemples de cristaux groupés. (Saile.)

Le plus souvent le *groupement* a lieu d'une manière tout à fait *irrégulière* et donne naissance à des corps qui ressemblent à des boules, à des crêtes de coq, à des faisceaux de baguettes, à des réseaux, à des gerbes, à des dendrites, c'est à dire à des dessins d'arbres, d'où on les désigne par les épithètes de *globaires*, de *crêtés*, de *bacillaires*, de *réticulaires*, de *gerbiformes*, d'*apiciformes*, de *dendritiques*, etc.

Les *cristaux déformés* sont souvent le résultat de l'élargissement, de l'allongement, du rétrécissement ou de la disparition de certaines faces ou de l'arrondissement des arêtes et des angles solides, d'où résultent des formes qui rappellent des lames, des aiguilles, des cheveux, des boules, des œufs, des lentilles, des cylindres, des tonnes, etc. ; ce qui les fait désigner sous les épithètes de *lamelliformes*, d'*aciculaires*, de *capillaires*, de *sphéroïdes*, d'*ovoïdes*, de *lenticulaires*, de *cylindroïdes*, de *doliformes*, etc.

Nous appelons **formes concrétionnées** (1) des formes qui présentent tant de variations qu'il est impossible d'en donner une définition générale, mais qui le plus communément donnent l'idée de mamelons, de stalactites (2), de tuyaux, de rameaux, de filaments, d'enduits, de croûtes, de réseaux, de grappes, etc. ; d'où on les distingue par les épithètes de *mamelonnées*, *stalactitiques*, *fistuleuses*, *ramuleuses*, *filiformes*, *pelliculaires*, *incrustantes*, *cloisonnées*, *botryoïdes*, etc.

(1) On désigne en général par le nom de *concrétions* des corps qui ont un mode de formation à peu près intermédiaire entre la cristallisation et la précipitation, mais où la forme extérieure a toujours dépendu de circonstances accidentelles indépendantes de la forme des molécules, telles que le *mouvement* des eaux, le *moulage* dans une cavité, l'*incrustation* sur un corps préexistant. Or, comme je ne fais point ici une classification des minéraux d'après leur mode de formation, mais seulement une énumération des formes qu'ils affectent, j'entends par formes concrétionnées celles que prennent souvent les concrétions, mais non toutes les formes que prennent les concrétions, car les cristaux pseudomorphiques et les pétrifications sont souvent formés par voie de concrétion, et cependant ils ont des formes cristallines ou organiques. D'un autre côté, il y a des corps qui, sans être formés par voie de concrétion, prennent des formes plus ou moins analogues à celles indiquées ci-dessus sous le nom de formes concrétionnées.

(2) On donne le nom de stalactites à des espèces de mamelons allongés, souvent tubuleux, qui se forment à la voûte d'une cavité.

Les formes massives étant indépendantes de la nature des substances et déterminant la structure intérieure de l'écorce terrestre, leur étude intéresse beaucoup plus la géognosie que la minéralogie ; nous ferons en conséquence connaître dans le livre suivant ce que l'on entend par *couches*, *typhons*, *filons*, *coulées* et *amas*.

Les formes que, à défaut de meilleures dénominations, nous appelons **fragmentaires**, sont aussi jusqu'à un certain point indépendantes de la nature des substances qui en sont douées; nous les rangeons en dix catégories, que l'on désigne ordinairement par les noms de *blocs*, de *plaques*, de *veines*, de *rognons*, de *nids*, de *cailloux*, de *fragments anguleux*, de *grains* et de *paillettes*.

Le nom de **blocs** s'applique à des portions de substances cohérentes que l'on trouve sur le sol, ou enfouies dans des masses d'une nature différente; mais la ligne de démarcation entre les blocs et les amas est à peu près arbitraire, de même que celle entre les blocs d'une part, et les rognons, les cailloux et les fragments anguleux d'autre part. Cependant on ne donne jamais le nom de bloc à des fragments dont le volume n'est pas supérieur à celui de la tête d'un homme. La forme des blocs est quelquefois anguleuse, d'autres fois arrondie ou mamelonnée.

Les plaques se distinguent par une forme aplatie, c'est à dire que leur longueur et leur largeur sont toujours beaucoup plus étendues que leur épaisseur. Elles se trouvent, comme les blocs, à la surface du sol ou enfouies dans d'autres matières ; souvent aussi des masses plus ou moins étendues se trouvent divisées en plaques placées les unes sur les autres, et alors les plaques ne sont que les feuillets des masses à texture feuilletée dont il sera parlé ci-après. Lorsque les plaques deviennent très minces, on les appelle *lames* ou *feuilles*.

Les veines ont, comme les plaques, une forme très aplatie; mais elles sont toujours engagées dans d'autres matières, dont elles diffèrent, soit par leur nature, soit seulement par leur couleur ou par leur texture. Les veines sont tantôt droites, tantôt contournées, tantôt simples ou ramifiées; elles traversent les masses dans tous les sens, se croisent et se coupent les unes les autres; elles ne sont, à la rigueur, que de très petits filons, de même que les blocs ne sont que de très petits amas.

Les rognons sont aussi des matières cohérentes qui se trouvent quelquefois intercalées dans des masses d'autre nature ou d'autre texture. Leurs dimensions sont moindres que celles des blocs, et leurs formes sont généralement déterminées par des surfaces courbes, ordinairement irrégulières et souvent plus ou moins étranglées. On se sert souvent du mot *nodule* pour désigner les rognons qui ne sont pas étranglés. Ils

sont tantôt *pleins*, tantôt *géodiques*, c'est à dire avec des cavités dans leur intérieur.

Les **nids** sont, comme les rognons, de petites portions de substances minérales enveloppées dans des masses; mais ils diffèrent des rognons en ce qu'ils sont formés de matières meubles ou très friables.

Nous entendons par **cailloux** (1) des fragments cohérents qui ne sont pas assez volumineux pour être appelés blocs, qui ont une forme plus ou moins arrondie; sans étranglement, et qui se trouvent, soit sur le sol, soit dans des dépôts meubles.

Le nom de **noyaux** s'applique à des portions de substances cohérentes qui ont, comme les cailloux, des formes arrondies, mais qui se trouvent enveloppées dans d'autres matières, sans être étranglées, comme les rognons, et dont le volume n'est pas assez considérable pour qu'on les appelle blocs, ni assez petit pour qu'on les nomme grains. Les noyaux forment une partie essentielle des masses à texture poudingiforme ou amygdaloïde.

Nous désignons par le nom de **blocaux** (2) les fragments qui n'ont pas les formes arrondies ou aplaties qui caractérisent les rognons, les cailloux, les noyaux et les plaques, et qui ne sont pas assez volumineux pour être appelés blocs. Cette espèce de fragments est une partie essentielle des masses bréchiformes.

Les **grains** sont des parties de substances minérales, ordinairement arrondies, dont le volume ne dépasse pas en général celui d'un pois, tantôt libres, tantôt adhérents les uns aux autres.

Enfin, on appelle **paillettes** de très petites plaques ou plutôt de très petites lames qui semblent avoir été détachées de substances à texture laminaire.

Les **formes organiques** que présentent certaines matières minérales sont dues à l'enfouissement de corps organisés, de sorte qu'elles ont peu d'intérêt pour la minéralogie; mais elles ont d'une grande impor-

(1) Plusieurs naturalistes n'appliquent le mot *caillou* qu'aux fragments de pierres dures faisant feu sous le briquet; mais je ne vois aucun avantage dans cette restriction, qui a l'inconvénient de ne plus permettre d'appliquer le nom de cailloux à tous ces fragments roulés que l'on trouve si souvent dans le lit des rivières ou sur les côtes de la mer. A la vérité, on pare à cet inconvénient, en remplaçant le mot *caillou*, dans le sens que je lui donne, par celui de *galet*; mais l'usage du nom de caillou étant plus général, et ayant, pour ainsi dire, été consacré par les ouvrages classiques du célèbre Saussure, je l'ai préféré; d'autant plus que, dans les contrées où l'on se sert du mot *galet* dans le langage usuel, on l'emploie principalement pour désigner la plage couverte de cailloux.

(2) La dénomination complexe de *fragments anguleux* me paraissant d'autant plus défectueuse que les blocs, les plaques, les veines et les paillettes sont souvent des fragments anguleux, je me suis permis de proposer le mot *blocaux*, tiré de *blocaille*, que l'on emploie dans les arts pour désigner un assemblage de fragments de ce genre.

tance pour la géognosie, la géogénie, la botanique et la zoologie; aussi fait-on de leur étude le sujet d'une science particulière à laquelle on donne le nom de *paléontologie*, et dont nous dirons quelques mots dans le livre suivant.

La texture est l'arrangement intérieur des parties qui composent les substances minérales, elle peut être rapportée à sept modifications principales que nous désignons par les épithètes de *cristalline*, de *feuilletée*, de *massive*, de *celluleuse*, de *conglomérée*, d'*organique* et de *massive*. Toutefois, il est à remarquer que ces diverses modifications passent non seulement de l'une à l'autre, mais qu'en outre elles ne s'excluent pas l'une l'autre, et que diverses catégories de texture peuvent souvent s'associer : c'est ainsi qu'un même minéral peut présenter en même temps les textures feuilletée et cristalline ou massive et celluleuse (1).

La texture cristalline est, comme toutes les formes cristallines, due à la force de cristallisation; mais quoique ces deux propriétés se rencontrent souvent réunies, on ne doit pas les confondre; car il y a des cristaux dont la texture n'est pas cristalline, et la nature renferme des masses immenses qui ne sont pas des cristaux et dont la texture est cristalline. Cette texture peut se subdiviser en *normale* et *anomale*.

Les minéraux à **texture cristalline normale** se distinguent par une propriété très importante, celle d'être *clivables*, c'est à dire de se laisser diviser en lames minces qui se détachent parallèlement l'une à l'autre dans certaines directions déterminées, d'où on les appelle aussi *laminaires;* et comme le même minéral a souvent plusieurs clivages, on obtient, en opérant cette division mécanique avec le soin convenable, des solides qui sont ordinairement les formes primitives dont nous avons parlé (page 84); d'où l'on voit que cette propriété est en quelque manière le complément du caractère tiré de la forme cristalline. Toutefois le clivage se fait avec plus ou moins de facilité, et il est plus ou moins complet selon les minéraux. Quelquefois il y a trop peu de clivage pour conduire à un solide complet, et d'autres fois il y en a trop pour un seul solide.

Les minéraux à **texture cristalline anomale** ne sont pas clivables dans leur ensemble; mais les diverses parties qui les composent jouissent quelquefois de cette propriété et peuvent alors être considérées comme

(1) On emploie souvent le mot de *structure* pour désigner ce que j'appelle *texture;* mais il m'a paru qu'il était préférable de réserver le premier de ces mots pour indiquer l'arrangement des grandes masses minérales qui composent l'écorce du globe terrestre, et d'appliquer le second à l'arrangement des parties qui composent les minéraux et les roches, et par conséquent de dire la *structure de l'écorce du globe* ou *d'un terrain*, et la *texture d'un minéral* ou *d'une roche*.

ayant la texture normale dans leurs petites dimensions. Nous désignons les principales modifications de texture cristalline anomale par les épithètes de *lamellaire*, de *fibreuse*, de *radiée*, de *granitoïde*, de *porphyroïde*, d'*amygdaloïde*.

On entend par **texture lamellaire**, un assemblage de petites lames, ou de petits cristaux groupés confusément l'un à côté de l'autre, sous toutes sortes de directions.

La **texture fibreuse** peut être considérée comme le résultat de l'agrégation de cristaux capillaires, ou aciculaires, ou même bacillaires; quelquefois elle présente des fibres *droites;* d'autres fois elles sont plus ou moins *contournées*, et quelquefois comme *tressées*.

La **texture radiée** est, comme la texture fibreuse, le résultat de l'agrégation de cristaux allongés, mais qui, au lieu d'avoir une disposition parallèle, ont généralement une disposition rayonnée ou divergente.

La **texture granitoïde** ressemble beaucoup à la texture lamellaire et n'en diffère que parce que les lames ou cristaux qui composent l'ensemble, au lieu d'être de même nature, sont formés de minéraux différents; d'où l'on voit que cette texture n'appartient qu'aux roches mélangées et non aux minéraux proprement dits.

Il en est à peu près de même de la **texture porphyroïde,** qui consiste dans la présence de cristaux au milieu d'une pâte; cependant il arrive quelquefois que la pâte et les cristaux appartiennent à la même substance et ne diffèrent que par la texture ou la couleur.

La **texture amygdaloïde** se rapporte aussi, comme la texture porphyroïde, à une pâte qui enveloppe des parties cristallines; mais elle en diffère en ce que les parties cristallines, au lieu de présenter la forme de cristaux ont pris celle de noyaux plus ou moins arrondis.

Les minéraux que nous considérons comme ayant la **texture feuilletée**, ont la propriété de se diviser en feuillets plus ou moins minces, ou de présenter l'apparence de semblables feuillets. Ils ont quelques rapports avec les minéraux laminaires, car on peut, à la rigueur, voir un clivage dans leur division; mais ce clivage n'a ordinairement lieu que dans un sens, ne conduit pas à des angles fixes, ne présente pas des faces aussi lisses, et ne donne pas ordinairement des lames aussi fines. On peut distinguer chez les minéraux feuilletés trois modifications que nous désignons par les épithètes de *schistoïde*, de *stratoïde* et de *globuleuse*. La *texture schistoïde* est celle qui donne le clivage le plus facile et les lames les plus minces. Elle présente souvent deux particularités qui ne se retrouvent pas dans les autres modifications; c'est d'abord que, quand la masse contient des bandes différentes par

leur couleur, ou même par leur nature, on voit que les mêmes feuillets se propagent indistinctement dans les diverses parties, et que quand la masse est stratifiée, ces feuillets ont une direction différente de celle des couches. Dans la *texture stratoïde*, au contraire, les feuillets sont toujours parallèles aux couches et ont souvent une épaisseur plus ou moins considérable au delà de laquelle tout clivage devient impossible. Enfin, dans la *texture globuleuse*, les feuillets sont disposés à peu près concentriquement, comme s'ils s'étaient moulés successivement sur un noyau central.

Un caractère de la texture feuilletée, c'est de s'associer avec une autre texture, en ce sens que les feuillets, une fois détachés, présentent un assemblage de fibres ou de petites lames, soit de même nature, soit de natures différentes, ce qui donne des *textures* que l'on désigne par les épithètes de *strato-fibreuse*, *schisto-lamellaire*, *schisto-granitoïde*, et de même pour toute autre association.

Nous désignons par le nom de **textures massives**, celles où l'on ne distingue point de joints ou parties séparées, et où, par conséquent, le minéral semble former une seule masse homogène; lorsque ces conditions se trouvent tout à fait remplies, et que l'œil n'aperçoit qu'une surface unie, on dit que la *texture* est *compacte;* si, au contraire, on distingue sur cette surface des inégalités qui annoncent comme des espèces de grains unis entre eux, on emploie les épithètes de *saccharoïde*, de *grenue* et de *grossière*. La première indique une apparence cristalline, qui rappelle celle du sucre blanc et qui n'est à la rigueur qu'une texture, lamellaire où les lames sont devenues si petites, qu'elles ressemblent à de petits grains. Il en est de même de la texture grenue, qui ne diffère de la texture saccharoïde que parce qu'elle a moins l'apparence cristalline. La texture grossière ne diffère, de son côté, de la texture grenue que parce que les aspérités que l'on compare à des grains sont plus fortes et plus irrégulières.

Nous désignons par la dénomination de **texture celluleuse** celle des matières minérales qui présentent, dans leur intérieur, des cavités visibles à l'œil nu. Ces cavités varient beaucoup par leur forme et leur qualité. Quelquefois elles ne consistent que dans de simples *tubulures* ou canaux sinueux qui traversent la masse; d'autres fois, celle-ci est comme criblée par une infinité de petites cavités plus ou moins arrondies et alors nous désignons cette texture par l'épithète de *bulleuse* (1);

(1) J'ai préféré l'épithète de *bulleuse* à celle de *poreuse*, qui est beaucoup plus usitée, mais qui me paraît fort impropre; car la physique nous apprend que beaucoup de corps qui nous paraissent *compactes* sont *poreux*.

d'autres fois, ces cavités sont de dimensions fort inégales, souvent assez considérables et quelquefois comme crevées : on dit alors que la texture est *scoriacée*, parce qu'elle est semblable à celle des scories qui se font dans les fourneaux de fusion. Dans d'autres circonstances, les cavités, au lieu de présenter des formes arrondies dans l'un ou l'autre sens, ont des figures polyédriques, et les parties pleines ressemblent à un assemblage de barres ou de lames ; dans ce dernier cas, on dit ordinairement que le minéral est *carié*.

Les cavités qui se trouvent dans les substances minérales paraissent en général provenir de dégagement de gaz ou de la destruction de parties composantes qui se trouvaient renfermées dans celles qui sont demeurées intactes.

Les **textures conglomérées** donnent l'idée de fragments plus ou moins considérables qui sont agglutinés ensemble, soit par un ciment visible, soit sans ciment visible. Lorsque ces fragments sont très petits, nous disons que la *texture* est *grésiforme*, et alors elle ne diffère de la texture grenue que parce que les grains sont mieux prononcés. Lorsque ces fragments sont plus gros, la texture devient *poudingiforme* ou *bréchiforme*, selon que les fragments sont des noyaux arrondis ou des fragments anguleux ; alors elle se rapproche des textures porphyroïde et amygdaloïde, dont elles ne diffèrent que parce que les fragments empâtés sont rarement cristallins et souvent plus gros. On doit aussi citer la *texture oolitique* qui, sous le rapport de la grosseur des fragments, doit se placer entre la texture grésiforme et la texture poudingiforme, et qui ne diffère de cette dernière que parce que les fragments qui composent la masse ont assez généralement la texture globuleuse, et sont ordinairement moins volumineux.

Les **textures organiques** sont celles qu'affectent les corps organisés que nous avons dit ci-dessus se trouver enfouis dans le sein de l'écorce du globe : on peut les subdiviser en *végétales* et *animales*.

Dans toutes les modifications que nous venons d'examiner, la texture ne se rapporte qu'à des parties adhérentes les unes aux autres ; mais il arrive quelquefois que les substances minérales se trouvent en fragments plus ou moins petits, accumulés les uns sur les autres et non adhérents. A la rigueur, on pourrait considérer chaque fragment comme une substance isolée, qui a l'une ou l'autre des textures indiquées ci-dessus, et ne voir dans la mobilité des fragments qu'une propriété mécanique. Mais, comme la réunion de ces fragments forme souvent des masses que l'on est dans l'habitude de considérer dans leur ensemble, et que ces masses ne diffèrent de celles à texture conglomérée que parce qu'elles sont

meubles, nous croyons pouvoir faire figurer la **texture meuble** à la suite des autres modifications de texture, et y distinguer cinq catégories que nous désignons par les épithètes de *terreuse*, d'*arénacée*, de *graveleuse*, de *caillouteuse* et de *blocailleuse*. Dans le premier cas, les parties sont réduites à un grand état de ténuité; elles deviennent successivement plus grosses dans les deuxième, troisième et quatrième catégories, mais cette dernière diffère de la cinquième, parce que dans celle-ci les fragments sont anguleux, tandis qu'ils sont arrondis dans celle-là.

On appelle **cassure** la forme que présentent les nouvelles faces qui résultent, dans une matière minérale solide, d'une séparation occasionnée par un choc, d'où l'on voit que la cassure est à peu près la même chose que la texture, puisque celle-ci détermine toujours une partie du détail des formes que présente une cassure, et que souvent la texture n'est mise à découvert que par la cassure; mais il est à remarquer que la texture existe dans le minéral, indépendamment de la division mécanique que l'on y opère, tandis que la cassure détermine la manifestation d'autres caractères que l'on exprime par diverses dénominations; c'est ainsi que l'on dit que la *cassure* est *droite*, lorsque son ensemble présente des lignes droites; qu'elle est *conchoïde*, lorsqu'elle offre des enfoncements en forme de cône très surbaissé, qui rappellent l'intérieur d'une coquille bivalve. On dit aussi que la *cassure* est *lisse* ou *raboteuse*, selon que les nouvelles faces présentent des surfaces analogues à celles des corps polis, ou couvertes d'aspérités, et qu'elle est *écailleuse*, lorsque ces aspérités forment des espèces d'éclats qui donnent l'idée d'écailles.

Nous réunissons sous le nom de **propriétés mécaniques**, divers caractères qui tirent leur origine des forces connues en physique sous les noms de *pesanteur* et de *cohésion*, parce que celles dépendantes de cette dernière consistent dans la manière dont les corps résistent à des actions mécaniques, et que celles qui se rapportent à la pesanteur se manifestent par des phénomènes purement mécaniques.

La propriété de cette dernière catégorie qui intéresse particulièrement l'étude des minéraux, est celle appelée **densité** ou *pesanteur spécifique*, parce que chaque substance minérale est en général douée d'une densité particulière. Nous ne nous étendrons pas ici sur cette propriété et sur la manière dont on détermine la pesanteur spécifique d'un corps, ces matières étant ordinairement traitées dans la physique. Nous rappellerons seulement que l'on exprime en minéralogie la pesanteur spécifique des corps par des chiffres qui expriment le rapport avec la densité de l'eau distillée, prise à dix-sept degrés et demi du thermomètre centésimal. Ainsi, quand on dit que la densité de l'or naturel est de 14.85,

ou par abréviation que l'or pèse 14.85, c'est comme si nous disions qu'un volume donné d'or naturel pèse 14 fois 85 dixièmes de fois un même volume d'eau distillée.

Les propriétés qui tirent leur origine de la **cohésion** sont très nombreuses et très variées : nous avons essayé de ranger les principales dans sept catégories, que nous désignons par les noms de *consistance*, de *cohérence*, de *flexibilité*, de *ductilité*, de *dureté*, de *tactilité* et de *graphicité*. Mais cette énumération devrait être considérablement augmentée, si l'on voulait exprimer toutes les considérations sous lesquelles les minéraux sont envisagés dans les arts où l'on fait usage de ces corps. Il est inutile d'ajouter que ces propriétés varient dans un même corps, selon la température.

La **consistance** se rapporte aux trois *états* principaux que les physiciens désignent par les épithètes de *solide*, de *liquide* et de *gazeux*, et sur lesquels il est inutile de revenir ici.

Nous désignons par le mot **cohérence** la propriété relative à la manière dont les parties qui composent une substance solide tiennent les unes avec les autres. Lorsque ces parties sont assez adhérentes pour ne pouvoir être séparées sans un effort quelconque, on dit que la substance est *cohérente ;* et comme l'effort nécessaire pour obtenir cette séparation doit être plus ou moins considérable, les minéraux présentent, sous ce rapport, plusieurs modifications que l'on désigne en général par les épithètes de *tenace*, de *fragile* et de *friable*. Le premier cas a lieu lorsque le minéral cède avec difficulté au choc du marteau, le second lorsqu'il se brise avec facilité, et le troisième lorsque les parties peuvent être séparées par la simple pression des doigts. Quand il n'y a aucune adhérence entre les parties, on dit que la substance est *incohérente* ou *meuble*, propriété que nous avons déjà fait connaître en parlant de la texture, mais qui appartient plus particulièrement à l'ordre de considérations que nous examinons en ce moment.

La **flexibilité** est la propriété qu'ont certains corps de céder, sans se rompre, aux forces qui tendent à faire plier un corps solide ; d'où l'on voit que cette propriété a beaucoup de rapport avec la cohérence ; car, d'un côté, elle ne se manifeste que dans les corps cohérents, et les corps *flexibles* sont généralement tenaces, tandis que les corps fragiles et friables sont ordinairement *roides*. Mais, comme il y a des corps tenaces qui ne sont point flexibles, la flexibilité doit être rapportée à un autre ordre de considérations que la cohérence.

La **ductilité** est la faculté qu'ont certains corps solides de pouvoir être étendus par la pression ou par le choc sans se rompre ; cette pro-

priété a beaucoup de rapports avec la flexibilité et la cohérence, en ce sens que tous les corps *ductiles* sont essentiellement flexibles et tenaces, et que les corps roides, fragiles ou friables sont *cassants*. Aussi ce dernier mot, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, est-il également employé comme synonyme de fragile, c'est à dire comme une des modifications de la cohérence; mais, attendu qu'il y a des corps tenaces et flexibles qui ne sont pas ductiles, on doit considérer la ductilité comme différente de la flexibilité et de la ténacité. Les corps ductiles peuvent être subdivisés en deux catégories, selon que cette propriété exige des efforts plus ou moins prononcés pour se manifester. Le premier cas est notamment celui des métaux que l'on appelle *malléables*, parce qu'ils s'étendent sous le choc du marteau; le second a lieu dans les corps mous qui, considérés sous ce rapport, pourraient être appelés *plastiques*, parce que c'est sur cette propriété que sont fondés la plupart des arts plastiques, tels que la poterie.

La dureté est la propriété par laquelle un minéral solide est susceptible d'en entamer un autre, ou de se laisser entamer par celui-ci (1). Comme les expressions de *dur* et de *tendre* ne peuvent donner que l'idée de la comparaison de deux substances et sont insuffisantes pour rendre les nombreuses variations que présente le caractère de la dureté, on l'exprime ordinairement en énonçant si le minéral dont on s'occupe raye ou est rayé par une autre substance assez généralement connue. La propriété de donner des étincelles par le choc du briquet a beaucoup de rapport avec la dureté, puisqu'il faut, pour qu'elle ait lieu, que le minéral soumis à l'expérience soit assez dur pour entamer l'acier; mais, d'un autre côté, il faut que ce minéral ait aussi beaucoup de ténacité et un volume assez considérable; car un corps très dur, mais qui est fragile, ne donnera pas aussi facilement des étincelles qu'un minéral moins dur, mais tenace. Et, tandis que le plus petit fragment d'un minéral conserve toujours sa dureté caractéristique, une lame mince du corps le plus propre à donner des étincelles se rompra sous le choc du briquet avant de détacher des particules d'acier, et par conséquent sans donner d'étincelles; car on sait que celles-ci sont produites par des particules d'acier détachées par le choc, et qui s'en-

(1) On confond souvent la dureté avec la ténacité, ce qui donne lieu à beaucoup d'inconvénients. Je crois, en conséquence, devoir faire remarquer qu'il faut éviter de dire qu'un corps est *dur* lorsqu'il n'est que *tenace*, et *tendre* lorsqu'il est *friable* : ainsi, par exemple, le grès n'est jamais *tendre* quoiqu'il soit quelquefois assez *friable* pour s'égrener sous les doigts; il est, au contraire, toujours assez *dur* pour que ses grains puissent rayer le verre. De même le diamant, le plus *dur* de tous les corps, puisqu'il les raye tous, est assez *fragile* pour être brisé au premier coup de marteau.

flamment dans l'air par suite de la rapidité avec laquelle elles y sont lancées.

Nous désignons par le nom de **tactilité** les propriétés qui se manifestent quand nous touchons des minéraux avec nos doigts. Ces propriétés se rattachent en général à la dureté; mais le moyen d'observation étant différent, nous croyons devoir les classer sous une autre dénomination. Considérés sous ce rapport, les corps peuvent être nommés *âpres*, *rudes*, *doux* et *onctueux*.

Nous appelons **graphicité** la propriété qu'ont certains corps de laisser de leurs particules sur un autre corps, lorsqu'on les passe l'un sur l'autre, d'où l'on voit que cette propriété a beaucoup de rapports avec la précédente; considérés sous ce point de vue, il y a des corps qui, comme le graphite, sont *écrivants*, d'autres qui sont simplement *tachants*, et une immense quantité qui sont *non tachants*.

Les **propriétés optiques** des minéraux peuvent être rangées dans trois catégories principales, selon qu'elles se rapportent à la *transparence*, à l'*éclat* et à la *couleur*.

Les minéraux, considérés sous le rapport de la **transparence,** c'est à dire de la manière dont ils se laissent traverser par la lumière, peuvent être divisés en *transparents* ou *diaphanes*, en *translucides* et en *opaques*. Parmi ces derniers, il y en a qui deviennent translucides lorsqu'ils ont été plongés dans l'eau, d'où on les appelle *hydrophanes*.

La transparence donne lieu d'observer des propriétés qui ont beaucoup attiré l'attention des physiciens, et qui sont quelquefois utiles aux minéralogistes pour distinguer certaines substances : ce sont celles tirées de la *réfraction* et de la *polarisation* de la lumière. Quand on regarde un très petit objet, tel qu'un trait de plume, à travers un minéral transparent, on voit, dans certains cas, une image simple et dans d'autres une image double; d'où l'on dit qu'il y a *réfraction simple* dans le premier cas, et *réfraction double* dans le second. Cette propriété dépendant, ainsi qu'on le démontre dans la physique, de la disposition des molécules du minéral, se trouve en rapport avec le mode de cristallisation, d'où il résulte que la réfraction est toujours double et toujours simple dans le même minéral vu dans le même sens. Les substances non cristallisées et celles qui sont cristallisées dans le système cubique, ont toujours la réfraction simple, quel que soit le sens dans lequel on les examine; tandis que les substances cristallisées dans les autres systèmes sont susceptibles de présenter la double réfraction par suite de la polarisation qu'éprouve la lumière qui les traverse, mais cet effet ne se produit pas indistinctement dans tous les sens.

L'**éclat**, tel qu'on l'entend en minéralogie, est une propriété plus facile à concevoir qu'à définir. On sait que l'on emploie le mot éclat, dans le langage ordinaire, pour désigner l'aspect brillant ou la vivacité de couleur qui distingue certains objets; et, comme les minéraux sont souvent plus ou moins éclatants, l'indication de cette propriété est un moyen de les distinguer que l'on ne doit pas négliger, d'où s'est établi l'usage de parler de leur éclat dans les descriptions, lors même qu'au lieu d'être *éclatants* ils sont *ternes*. Cependant, dans ce dernier cas, on peut éviter le contre-sens en se servant du mot *aspect*, au lieu de celui d'*éclat*. On peut distinguer huit modifications principales d'éclat ou d'aspect, que nous désignons par les épithètes de *métallique*, de *vitreux*, de *résineux*, de *gras*, de *nacré*, de *soyeux*, de *luisant* et de *terne*. L'éclat est sujet à présenter beaucoup de variations dans la même substance, et l'on remarque fréquemment que, dans les minéraux cristallisés, le même échantillon présente deux éclats différents selon le sens dans lequel on le regarde.

La couleur est celui des caractères des minéraux qui frappe le premier notre attention, mais il est loin d'être le plus important pour le minéralogiste. On peut considérer les couleurs sous le rapport de leur *diversité*, de leur *intensité*, de leur *distribution* et de leur *constance*.

Les couleurs, considérées sous le rapport de leur **diversité**, présentent une multitude de nuances différentes que l'on range ordinairement dans dix types ou *couleurs principales* désignées par les noms de *rouge*, d'*orangé*, de *jaune*, de *vert*, de *bleu*, de *violet*, de *brun*, de *noir*, de *gris* et de *blanc*. On peut y ajouter une onzième modification que l'on appelle *limpide*, et qui est l'absence de toute couleur, propriété qui est toujours accompagnée de la transparence; car les corps opaques que les physiciens considèrent comme sans couleur sont blancs.

On subdivise ces diverses couleurs en *nuances* que l'on désigne, soit par des noms particuliers, soit en ajoutant au nom de la couleur des épithètes qui indiquent le passage d'une couleur à une autre, ou le rapprochement avec la nuance qui caractérise certains objets connus. Ces subdivisions sont quelquefois portées à un nombre très considérable. Voici celles qui nous paraissent les mieux caractérisées.

Pour le rouge : le *ponceau* que l'on peut considérer comme le type de la couleur, le *rouge de carmin*, le *rose*, le *cramoisi*, le *rouge violâtre*, le *rouge noirâtre*, le *rouge brunâtre*, le *rouge de chair*, le *rouge de brique* et le *rouge de cuivre*.

Pour le jaune : le *blond*, l'*isabelle*, le *jaune d'ocre*, le *jaune de cire*, le

jaune de paille, le *jaune de citron* qui est le type de la couleur, le *jaune de laiton*, le *jaune de bronze* et le *jaune verdâtre*.

Pour le vert : le *vert jaunâtre*, le *vert-olive*, le *vert noirâtre*, le *vert-pistache*, le *vert-pomme* qui est un vert très clair, le *vert d'émeraude* qui est le plus pur, le *vert-poireau* qui est un vert bleuâtre foncé, et le *vert-de-gris* qui est un vert bleuâtre peu intense.

Pour le bleu : le *bleu verdâtre*, le *bleu noirâtre*, le *bleu d'indigo*, le *bleu de Prusse* qui est le bleu le plus pur, le *bleu de ciel* et le *bleu de lavande* qui est un bleu clair tirant sur le violet.

Pour le brun : le *brun violâtre*, le *brun rougeâtre*, le *marron* qui est en quelque manière le type du brun, le *châtain* dont le nom, quoique dérivé du mot de châtaigne, désigne un brun qui n'a point le ton rougeâtre du marron, le *brun jaunâtre*, le *brun verdâtre* et le *brun noirâtre*.

Pour le noir : le *noir brunâtre*, le *noir verdâtre*, le *noir bleuâtre*, le *noir de velours* qui est est le noir le plus pur, et le *noir grisâtre*.

Pour le gris : le *gris noirâtre*, le *gris d'acier*, le *gris de cendre* que l'on peut en quelque manière considérer comme le type de cette couleur, le *gris bleuâtre*, le *gris verdâtre*, le *gris jaunâtre*, le *gris de fumée*, le *gris de lin*, c'est à dire qui ressemble à la fleur du lin et se rapproche du rose, tandis que le *gris rougeâtre* se rapproche du rouge de brique.

Enfin pour le blanc : le *blanc rougeâtre*, le *blanc jaunâtre*, le *blanc verdâtre*, le *blanc bleuâtre*, le *blanc grisâtre*, le *blanc d'étain*, le *blanc d'argent* et le *blanc de neige* qui est le blanc parfaitement pur.

On se sert aussi du nom seul d'une couleur terminé en *âtre* pour désigner des teintes qui s'éloignent plus ou moins du type, mais qui s'en rapprochent plus que des autres couleurs. Souvent cette manière de s'exprimer n'est employée que pour indiquer les teintes qui ne sont pas assez prononcées ni assez constantes pour mériter une dénomination particulière ; mais d'autres fois elle s'applique à la réunion de quelques-unes des subdivisions admises dans la couleur principale ; ainsi, par exemple, en disant que certains minéraux sont *rougeâtres*, on n'exclura pas, des teintes que l'on veut indiquer, les modifications de rouge que l'on désigne par les noms de rouge de brique, rouge de cuivre, rouge de chair, etc.

L'intensité de chaque nuance se distingue par les épithètes de *foncée* et de *claire* ou *pâle*. Cette propriété est souvent susceptible de varier avec l'épaisseur ou la cohésion de l'échantillon que l'on observe : c'est ainsi qu'une lame mince paraîtra très pâle, tandis que l'échantillon plus épais dont on l'aura détaché , sera très foncé. Quelquefois l'intensité

devient telle que la couleur en est changée : c'est ainsi, par exemple, qu'un échantillon peut paraître noir, tandis que, réduit en lames minces ou en poussière, il sera gris, vert, bleu, violet, brun ou rouge. Pour éviter toute erreur de ce genre, on a soin d'examiner et d'indiquer séparément la couleur de la poussière et celle de la masse.

On pourrait rapprocher de l'intensité une propriété qui s'exprime en disant que les teintes sont *vives* ou *ternes*, *pures* ou *sales ;* mais ce genre de considération se rapporte aussi, jusqu'à un certain point, à l'éclat et à la nature des nuances.

Lorsque l'on considère les couleurs sous le rapport de leur **distribution**, on dit qu'elles sont *unies* ou *bigarrées*, selon que la masse ou le fragment que l'on examine présente une seule nuance ou plusieurs nuances; dans ce dernier cas, on dit que le minéral est *rubané* lorsque les diverses nuances sont disposées par bandes parallèles, *veiné* lorsqu'elles ressemblent à des veines, *nuagé* si elles rappellent des nuages, *tacheté* si elles forment des taches plus ou moins arrondies, *pointillé* lorsque l'on voit de très petits points sur un fond d'une autre teinte, *dendritique* ou *ruiniforme* lorsque l'association de diverses couleurs donne l'idée de dessins d'arbres ou d'édifices en ruine.

Si nous considérons maintenant les couleurs sous le rapport de leur **constance** dans une même substance, nous verrons qu'elles peuvent être divisées en **couleurs propres** à ce minéral lorsqu'elles en forment un caractère constant, et en **couleurs accidentelles** lorsqu'elles varient dans une même substance; mais celles-ci présentent de leur côté deux modifications principales, que l'on pourrait désigner par les épithètes de *fixes* et de *mobiles*.

Les **couleurs fixes** sont de véritables couleurs propres par rapport à la combinaison qui en est réellement douée et ne deviennent accidentelles que par rapport au minéral dans lequel cette combinaison se trouve mélangée et où elle fait les fonctions du principe colorant. C'est ainsi, par exemple, que le vert est une couleur accidentelle dans l'émeraude, puisque ce minéral est limpide ou blanc lorsqu'il est pur, mais le vert est la couleur propre de l'acide chromique, corps qui se trouve comme principe accidentel dans les émeraudes qui jouissent de cette belle nuance verte que l'on appelle vert d'émeraude.

Les couleurs mobiles ne tiennent pas, comme les couleurs propres et les couleurs fixes, à la nature des molécules qui les réfléchissent; mais elles dépendent uniquement de la disposition de ces molécules, de sorte qu'elle disparaissent lorsque l'on détruit la cohérence entre ces molécules. On peut les subdiviser en quatre catégories que l'on désigne

ordinairement par les noms d'*iridiation*, de *polychroïsme*, d'*astérisme* et de *chatoiement*.

L'**iridiation** a lieu lorsqu'un corps présente la réunion des couleurs de l'arc-en-ciel. Dans les minéraux opaques cette coloration a encore certains rapports avec les couleurs fixes, car les couleurs irisées demeurent ordinairement les mêmes quel que soit le sens dans lequel on regarde le corps qui en est doué. Quelquefois ce phénomène se manifeste sans que la nature du corps annonce aucune espèce de changement, mais d'autres fois elle n'a lieu que dans une pellicule extérieure, soit que cette pellicule résulte de l'altération d'une partie de la masse, soit qu'elle provienne de matières étrangères qui la recouvrent. Dans les minéraux transparents l'iridiation ne consiste ordinairement que dans des espèces de reflets tout à fait mobiles et analogues au phénomène connu dans la physique sous le nom d'*anneaux colorés*.

Il y a **polychroïsme** quand les minéraux sont susceptibles de présenter diverses couleurs selon le sens dans lequel on les regarde. Cette propriété ne peut avoir lieu dans les minéraux opaques, et, comme elle dépend de l'arrangement des molécules, elle est, comme la double réfraction et la polarisation, en rapport avec le système cristallin ; ainsi tous les minéraux qui ne jouissent pas de la double réfraction sont aussi privés du polychroïsme, et sont, par conséquent, *unichroïtes*. Ceux à double réfraction, qui ont un axe optique, peuvent être *dichroïtes*, c'est à dire qu'ils peuvent présenter deux couleurs. Enfin les minéraux qui ont deux axes optiques sont susceptibles d'être *trichroïtes*, c'est à dire de présenter trois nuances, selon qu'on les regarde dans une direction parallèle au plan des axes et à la ligne moyenne, ou dans une direction parallèle au plan des axes et perpendiculairement à la ligne moyenne, ou enfin dans une direction perpendiculaire au plan et à ligne dont il s'agit.

L'**astérisme** consiste dans la propriété qu'ont certains minéraux, lorsqu'ils sont convenablement taillés, de présenter une étoile brillante dont le nombre de branches varie selon les substances.

Le **chatoiement** tire sa dénomination de la propriété qu'ont certains minéraux, lorsqu'ils sont convenablement taillés, de renvoyer des reflets qui semblent flotter et se mouvoir dans l'intérieur à mesure que l'on change leur position en imitant, jusqu'à un certain point, l'effet que les yeux des chats produisent dans l'obscurité. Ce phénomène, qui paraît provenir de la texture fibreuse de ces minéraux, ne diffère, en quelque manière, de l'astérisme que parce que les reflets produits ne

sont pas en forme d'étoiles; et il se distingue de l'iridiation parce que les reflets ne présentent pas les couleurs de l'iris.

Nous ajouterons ici quelques mots sur une propriété qui tient peut-être autant aux propriétés électriques qu'aux propriétés optiques; c'est celle de la **phosphorescence** que manifestent quelques minéraux qui deviennent plus ou moins lumineux dans l'obscurité sans éprouver d'altération dans leur nature. Cette propriété se produit soit par le frottement, soit par l'échauffement, soit par l'insolation, c'est à dire par l'exposition au soleil, soit enfin par l'action des étincelles électriques; mais elle n'est pas dans le cas d'être utile au minéralogiste pour la détermination des substances, parce qu'elle n'est pas constante et que le même minéral peut être quelquefois *phosphorescent* et d'autres fois *non phosphorescent*.

Les **propriétés électriques** des minéraux, comme de tous les autres corps, peuvent être envisagées au point de vue de la *conductibilité*, du *mode de développement* et de la *nature de l'électricité développée*.

On sait que, considérés sous le rapport de la *conductibilité*, les *corps* sont *conducteurs* ou *isolants*. Les minéraux qui ont l'éclat métallique sont ordinairement de la première catégorie et ceux qui ont l'éclat vitreux ou résineux de la seconde.

Le *développement* de l'électricité a lieu par le frottement, par la compression, par le contact et par la chaleur. On considère tous les corps comme susceptibles de s'électriser *par le frottement*, mais le plus ordinairement la quantité d'électricité développée est si faible que le minéralogiste doit la considérer comme nulle. Elle est très prononcée dans le succin. Le développement *par la compression*, quoique moins général, est quelquefois assez prononcé chez quelques cristaux. C'est ainsi qu'il suffit de presser dans les doigts un rhomboèdre de calcaire pour y déterminer une électricité sensible. Le développement *par contact* est trop faible pour s'en occuper ici, mais c'est surtout celui par la chaleur qui a attiré l'attention des minéralogistes, parce qu'il est plus sensible et qu'il est quelquefois utile pour la détermination des minéraux. Quant à la *nature* de l'*électricité* développée, elle est parfois négative, d'autres fois positive, et certains cristaux, notamment ceux de tourmaline, acquièrent par la chaleur la polarité électrique.

Les **propriétés magnétiques** des minéraux se reconnaissent à l'aide d'un petit barreau aimanté mobile sur un pivot, et alors on dit que le minéral est *non attirable*, qu'il est *attirable* ou qu'il est *polarisé*, selon qu'il n'agit pas sur le barreau, qu'il l'attire, ou qu'il l'attire par un bout et le repousse par l'autre. Du reste il n'y a que les minéraux

contenant du fer qui agissent sur le barreau aimanté, et parmi ceux-ci il n'y a que l'espèce nommée aimant qui jouisse de la polarité.

Les seules **propriétés acoustiques** des minéraux dont nous nous occuperons ici sont celles relatives au bruit qui se manifeste dans quelques substances lorsqu'on les frappe, lorsqu'on les plie ou lorsqu'on les chauffe. Sous le premier point de vue, presque tous les minéraux donnent un bruit *sourd* par la percussion, tandis qu'un petit nombre de substances sont plus ou moins *sonores*. Sous le second rapport, on remarque que certains minéraux *craquent* lorsqu'on les plie ou qu'on les rompt, tandis que d'autres se plient ou se rompent sans bruit. Enfin il est des minéraux qu'une chaleur plus ou moins forte fait *pétiller* ou éclater avec bruit, tandis que le plus grand nombre n'éprouvent rien de semblable.

CHAPITRE II.

DE LA CLASSIFICATION DES MINÉRAUX ET TABLEAUX DES ESPÈCES.

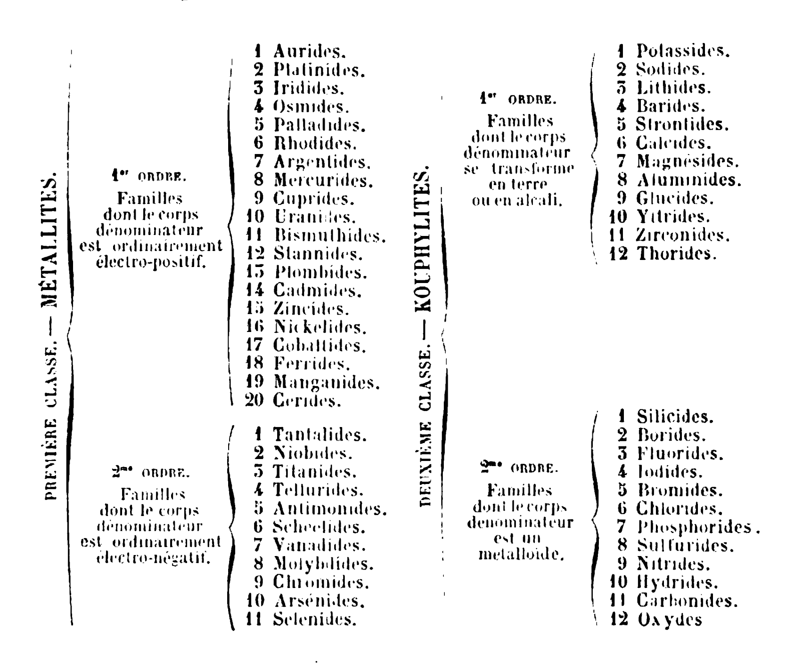
Il est très difficile, ou plutôt il est impossible, selon nous, de faire une bonne **classification** des minéraux ; aussi chaque minéralogiste, frappé des défauts des classifications de ses prédécesseurs et voyant qu'il n'y en a pas de généralement adoptée, se trouve porté à en faire une qui ait au moins le mérite d'être plus en rapport avec la manière de voir de son auteur. Telles sont les considérations qui nous ont porté à suivre dans la disposition des minéraux un ordre que nous sommes loin de croire moins imparfait que d'autres.

Sans répéter ici ce que nous avons exposé ailleurs (1) à l'appui de cette classification, nous dirons que nous avons considéré chacun des corps simples de la chimie comme le type d'une *famille* qui est censée comprendre tous les minéraux contenant ce corps.

Pour grouper ces familles en *ordres*, nous sommes parti de la classification des corps simples de l'illustre Berzelius, dans laquelle on trouve les quatre groupes suivants, savoir : les métalloïdes, les métaux ordinairement électro-négatifs, les métaux ordinairement électro-positifs, les métaux qui se transforment en terre ou en alcali. D'un autre côté, comme les métaux terreux et alcalins ne se trouvent jamais à l'état métallique et que leurs combinaisons sont très différentes des métaux,

(1) *Introduction* et *Précis* déjà cités.

nous avons cru pouvoir réunir les familles dont ces corps forment le type avec celles des métalloïdes dans une *classe* que nous désignons, avec M. de Kobell, par le nom de *kouphylites*, parce que les bases qui composent ces deux ordres sont généralement plus légères que celles qui composent les deux autres ordres, que nous appellerons classe des *métallites ;* ce qui nous donne le tableau suivant :



Classe	Ordre	Familles
PREMIÈRE CLASSE. — MÉTALLITES.	1er ORDRE. Familles dont le corps dénominateur est ordinairement électro-positif.	1 Aurides. 2 Platinides. 3 Iridides. 4 Osmides. 5 Palladides. 6 Rhodides. 7 Argentides. 8 Mercurides. 9 Cuprides. 10 Uranides. 11 Bismuthides. 12 Stannides. 13 Plombides. 14 Cadmides. 15 Zincides. 16 Nickelides. 17 Cobaltides. 18 Ferrides. 19 Manganides. 20 Cérides.
	2me ORDRE. Familles dont le corps dénominateur est ordinairement électro-négatif.	1 Tantalides. 2 Niobides. 3 Titanides. 4 Tellurides. 5 Antimonides. 6 Scheelides. 7 Vanadides. 8 Molybdides. 9 Chromides. 10 Arsénides. 11 Selenides.
DEUXIÈME CLASSE. — KOUPHYLITES.	1er ORDRE. Familles dont le corps dénominateur se transforme en terre ou en alcali.	1 Potassides. 2 Sodides. 3 Lithides. 4 Barides. 5 Strontides. 6 Calcides. 7 Magnésides. 8 Aluminides. 9 Glucides. 10 Yttrides. 11 Zirconides. 12 Thorides.
	2me ORDRE. Familles dont le corps dénominateur est un métalloïde.	1 Silicides. 2 Borides. 3 Fluorides. 4 Iodides. 5 Bromides. 6 Chlorides. 7 Phosphorides. 8 Sulfurides. 9 Nitrides. 10 Hydrides. 11 Carbonides. 12 Oxydes

La distribution rigoureuse des minéraux dans ces familles ramène chaque minéral composé dans autant de familles qu'il entre de corps simples dans la composition de ce minéral, ce qui ne peut être admis dans une série de descriptions, ni dans le classement d'une collection. Il a donc fallu établir des règles pour déterminer la famille dans laquelle chaque minéral devra être inscrit. Or, comme l'élément électro-négatif imprime chez les kouphylites une plus grande somme de rapports que l'élément électro-positif, tandis qu'il était à désirer de conserver, autant que possible, tous les minéraux contenant un métal proprement dit dans la famille qui porte le nom de ce métal, nous avons cru pouvoir prendre pour règle générale de classer les kouphylites par l'élément électro-négatif et les métallites par l'élément électro-positif. Toutefois il nous a paru nécessaire de faire à cette règle générale quelques excep-

tions, dont nous avons exposé ailleurs les motifs, et qui consistent à ne point prendre égard, pour ce premier classement, à l'oxygène ni à l'eau, de ranger par l'élément électro-négatif quelques substances formées par la combinaison d'un acide métallique avec une terre, et enfin de laisser parmi les kouphylites quelques substances dans lesquelles des métaux proprement dits jouent, comme éléments de troisième ordre, un rôle tout à fait secondaire.

Il résulte de l'application de ces diverses règles que, parmi les familles dont le corps dénominateur n'a pas encore été trouvé à l'état simple, il y en a plusieurs dans lesquels nous n'inscrivons aucune espèce; mais nous les laissons figurer dans le tableau pour présenter l'ensemble du système.

Nous avons subdivisé les familles en genres et sous-genres déterminés par la nature des éléments et en leur donnant des noms dérivés de la nomenclature chimique; mais la différence du principe de classification suivi dans les deux classes est cause que les genres n'y ont pas la même valeur, et que les genres de métallites correspondent souvent aux sous-genres de kouphylites.

L'établissement des espèces est, en général, aux yeux des naturalistes d'une importance beaucoup plus grande que celle des autres groupes; aussi se sont-ils attachés à donner à cet égard des règles qu'ils ont souvent présentées comme des lois immuables de la nature. Mais le peu d'accord qui règne dans les définitions admises à ce sujet porterait à croire que si la nature a effectivement limité les rapports d'espèces à espèces d'une manière plus tranchée que ceux des autres groupes, les hommes ne sont pas encore parvenus à connaître les lois qui dirigent cette délimitation. Du reste, parmi les diverses définitions de l'espèce minérale, nous avons choisi celle qui ne voit d'espèce certaine que dans la *réunion des minéraux de même nature dont les formes cristallines appartiennent à un même système cristallin ;* entendant par même nature, pour ce qui regarde les combinaisons, la réunion des mêmes éléments dans les mêmes proportions, et ne considérant comme combinaisons que les corps dont les éléments se trouvent unis dans les proportions admises par le système atomique. Mais l'ignorance où nous sommes des formes cristallines de plusieurs substances, et la manière dont beaucoup de principes étrangers aux éléments essentiels d'une combinaison s'y introduisent, soit par voie de mélange, soit par substitution, sont cause qu'il existe une grande quantité de substances minérales qui échappent à la définition de l'espèce, et qui peuvent être rangées dans quatre catégories de la manière suivante.

La première se compose de celles de ces substances que l'on fait figurer dans la série des *roches*, et comme elles seront classées et décrites dans le chapitre suivant, nous pouvons nous dispenser de les faire figurer dans la série des minéraux.

La seconde comprend les substances qui paraissent devoir former une espèce, mais qui ne sont pas encore assez connues pour qu'on puisse l'affirmer, et certains mélanges que l'on est dans l'habitude de considérer comme des espèces. Or, afin de ne pas rompre les rapports naturels de ces substances et de ne pas rendre notre série des minéraux trop incomplète, nous les inscrivons sur notre tableau en les considérant comme *espèces douteuses* et en faisant précéder leur nom d'un point de doute?

La troisième catégorie comprend les mélanges intimes qui ne rentrent pas dans les deux catégories précédentes, ainsi que les minéraux que l'on croit pouvoir leur assimiler et ceux dont la composition, appartenant à des combinaisons d'un ordre élevé, est modifiée par la substitution d'un élément peu important. Nous pensons qu'il y a lieu de rapprocher toutes ces substances des espèces qui peuvent être considérées comme leur type, soit sous la forme d'appendice, soit comme sous-espèce ou variété.

Il reste, pour former la dernière catégorie, les mélanges mécaniques qui ne se rangent pas dans la série des roches; mais la minéralogie n'y voit qu'un mode de gisement des minéraux qui composent ces associations.

Nous avons pris pour point de départ de la *dénomination des espèces* celles suivies par Beudant, et lorsqu'il n'existait pas de dénominations univoques, nous nous sommes servi, autant que possible, des dénominations binômes des chimistes, surtout de Berzelius.

Nous exprimerons les subdivisions de l'espèce par les dénominations de *sous-espèces* et de *variétés* en prenant pour point de départ l'usage, plutôt que la prétention de donner toujours la même valeur à la même dénomination. Toutefois nous n'admettons de sous-espèces qu'autant qu'on puisse les établir de manière à embrasser toutes les subdivisions de l'espèce, de sorte que tout minéral qui appartient à une sous-espèce se trouve exclu des autres sous-espèces, tandis que les variétés sont déterminées par des caractères qui s'associent plus ou moins entre eux. C'est ainsi, par exemple, que les variétés cristallisées d'un minéral peuvent appartenir, les unes aux variétés vertes, les autres aux variétés rouges de ce même minéral. Il y a cependant des cas où certains minéraux présentent un ensemble de caractères qui excluent les autres parties de l'espèce, et qui cependant ne peuvent pas être réputés sous-espèces, soit parce qu'ils représentent déjà une subdivision de sous-espèce, soit

parce que l'on n'a pas encore été à même de caractériser ou de distribuer le reste de l'espèce en divisions correspondantes. Nous distinguons cette catégorie de *variétés* par l'épithète de *principales* pour les distinguer des *variétés particulières* à certains caractères qui s'associent avce d'autres.

Il y a aussi des espèces minérales qui ont entre elles des rapports qui les ont fait réunir et désigner par un nom spécial qui ne peut s'appliquer qu'à une partie d'un genre ou d'un sous-genre, établi d'après les règles précédentes, et on désigne quelquefois ces petites divisions par le nom de *tribus*.

Nous allons maintenant donner le **tableau des genres, sous-genres, tribus, espèces et sous-espèces de minéraux** que l'application de ces principes nous a fait admettre (1). Nous y joignons l'indication du système cristallin pour les espèces où ce caractère est connu et que nous indiquons par le signe † précédé du chiffre correspondant. Enfin, nous y ajouterons quelques mots sur les minéraux employés dans les arts, mais seulement pour ce qui concerne les substances qui ne figureront pas au tableau des roches pour lesquelles nous renvoyons au chapitre suivant.

PREMIÈRE CLASSE. — MÉTALLITES.

Substances contenant un métal proprement dit, c'est à dire qui ne se transforme pas en terre ou en alcali.

Ces minéraux sont beaucoup moins abondants que les kouphylites; ils sont ordinairement en filons, en veines et en cristaux disséminés, et forment rarement des couches. Ils sont à l'état solide sous la température ordinaire, à l'exception d'une espèce, le mercure, qui est liquide. Beaucoup sont opaques et présentent l'éclat métallique.

1er ORDRE.

Familles dont le corps dénominateur est un métal proprement dit ordinairement électro-positif.

(1) On ne trouvera pas dans ce tableau les noms de toutes les espèces qui figurent dans les travaux de minéralogie, d'abord parce qu'il y a un grand nombre de ces espèces que je considère comme rentrant dans les espèces inscrites au tableau, et ensuite parce que ce dernier, étant extrait d'un travail fait en 1833, ne contient pas toutes les espèces qui ont été découvertes ou déterminées depuis lors.

1re *Famille.* — **Aurides.**

Substances attaquables par l'eau régale et donnant une solution qui précipite en pourpre par le chlorure stannique.

1er *Genre.* Aurides simples	1	÷ Or.
2e — — tellurures	2	÷ Sylvane.

L'or se trouve encore uni avec beaucoup d'autres métaux, notamment avec l'argent, le mercure, le platine, le palladium, le cuivre, le fer, le rhodium. On considère même quelques-unes de ces unions comme formant des combinaisons particulières, mais comme elles présentent des proportions variables et que tous ces métaux sont isomorphes, il paraît qu'il y a plutôt lieu d'y voir des mélanges. Nous considérons également comme accidentel l'or que renferme divers sulfures et d'autres tellurures que celui indiqué ci-dessus.

L'or se trouve en cristaux, en paillettes, en dendrites, en filaments, en grains et en fragments plus considérables que l'on appelle *pépites*, lorsqu'ils atteignent le volume d'une noisette. L'or naturel pèse de 12.66 à 14.85, purifié et travaillé il pèse 19.25; c'est le plus ductile des minéraux; mais sa dureté est moindre que celle du fer, du platine, du cuivre, de l'argent, plus grande que celle de l'étain et du plomb. Sa couleur est jaune, son éclat métallique. Son inaltérabilité, sa belle couleur le rendent très précieux et le font rechercher pour faire de la monnaie et pour l'employer dans plusieurs arts utiles ou d'agrément.

2e *Famille.* — **Platinides.**

Substances attaquables par l'eau régale et dont la solution jaunâtre donne par la potasse un précipité jaune insoluble dans le carbonate potassique.

Genre unique. Platinides simples	1	÷ Platine.

Le platine est presque toujours mélangé de fer, d'or, de palladium d'iridium, d'osmium ou de rhodium. Il est infusible au chalumeau, il cristallise en octaèdre ou en cube, et se trouve en fragments qui sont ordinairement des grains très petits, pesant 17.33. Son éclat est métallique; sa couleur un gris de plomb approchant du blanc d'argent. C'est

un métal précieux à cause de son inaltérabilité et de sa ténacité; il est très utile pour faire des instruments qui sont dans le cas d'être altérés par la chaleur et par les autres agents chimiques.

3e *Famille.* — **Iridides.**

Substances donnant, après avoir été fondues avec le salpêtre, de l'iridate potassique qui, traité par l'acide chlorhydrique, donne une solution semblable, au caméléon minéral, mais se colorant en jaunâtre sur les bords de la capsule.

1er *Genre.* Iridides simples	. . . .	1 † Iridium.
2e — — osmités	. . . .	1 † Irite.

Plusieurs auteurs admettent ainsi l'existence d'osmiures d'iridium, mais d'autres ne voient que des mélanges dans ces substances.

L'iridium est un métal fort rare qui se trouve avec les grains de platine et qui est souvent mélangé avec ce métal.

4e *Famille.* — **Osmides.**

Substances inattaquables par les acides, donnant par la calcination avec le nitrate potassique une odeur analogue à celle du chlore et un résidu attaquable par l'eau, dont la solution précipite en vert par l'acide nitrique.

L'osmium est un métal très rare qui n'a encore été trouvé qu'uni avec l'iridium, soit à l'état d'osmite indiqué ci-dessus, soit dans un état que l'on considère quelquefois comme un osmiure, mais qui paraît n'être qu'un mélange.

Genre unique. Osmides simples	. . . .	2 † Osmium.

5e *Famille.* — **Palladides.**

Substances attaquables par l'acide nitrique et dont la solution, d'un rouge brunâtre, forme une gelée verdâtre avec le cyanure ferroso-potassique.

1er *Genre.* Palladides simples	. . . .	Palladium.
2e — — séléniurés	. . . .	Séléniure palladique.

6e *Famille.* — **Rhodides.**

Le rhodium, métal très rare, se trouve dans des minerais de platine qui en contiennent un peu plus de 3 pour cent. On cite aussi de l'or qui en contiendrait 34 à 43 pour cent. Il paraît que dans l'un et l'autre cas l'association n'est qu'un mélange.

7e *Famille.* — **Argentides.**

Substances donnant de l'argent ou un alliage d'or et d'argent lorsqu'on les traite au chalumeau sur du charbon avec du carbonate sodique. Attaquables par l'acide nitrique (à l'exception des chlorure, iodure et bromure) et dont la solution donne un précipité blanc par l'acide chlorhydrique.

1er *Genre.*	Argentides	simples	1	÷	Argent.
2e	—	— mercururés	1	†	Moschélite.
				?	Arquérite.
3e	—	— tellururés			Hessite.
4e	—	— antimoniurés	3	†	Discrase.
5e	—	— arséniurés			Arséniure d'argent.
6e	—	— séléniurés	1	÷	Naumanite.
7e	—	— sulfurés	1	†	Argyrose.
			3	‡	Sternbergite.
8e	—	— sulfarséniés	4	÷	Proustite.
9e	—	— sulfantimoniés	1	†	Argyrithrose.
			5	÷	Myargyrite.
			2	÷	Psaturose.
				?	Brongniartite.
				?	Freieslebénite.
			3	†	Polybasite.
10e	—	— chlorurés	1	÷	Kérargyre.
11e	—	— iodurés			Iodite.
12e	—	— bromurés	1	÷	Bromite.

On a aussi admis sous les noms d'*electrum* ou *goldsilber* un aurure d'argent, mais cet alliage se présentant en toute proportion, il paraît que l'on ne doit y voir que le mélange de deux métaux isomorphes. L'argent entre encore dans la composition essentielle de quelques minéraux que nous indiquerons dans la famille des cuprides, et se trouve accidentellement dans quelques autres qui sont quelquefois considérés comme minerais d'argent, lorsque la quantité de ce métal est suffisante pour couvrir les frais d'exploitation. En effet, plusieurs sulfures et sulfosels d'argent pouvant se substituer avec d'autres sulfures ou sulfosels,

notamment de cuivre et de plomb, ces matières se trouvent ordinairement mélangées et passent tellement de l'une à l'autre que l'on réunit souvent sous le même nom des substances que nos principes de classification nous forcent de distribuer dans des familles différentes; tel est le cas des minerais nommés *fahlerz* et *gültigerz* par les mineurs allemands. Ce sont ces sulfures et sulfosels qui forment les minerais d'argent les plus communs; cependant les chlorures et les mercurures ou amalgames donnent aussi lieu à de riches exploitations, notamment au Mexique et au Chili. On connaît l'utilité de l'argent, soit comme monnaie, soit pour faire des ustensiles d'économie domestique.

8e *Famille*. — **Mercurides.**

Substances qui, étant soumises à l'action de la chaleur avec de la soude dans un tube fermé, donnent un sublimé qui se réduit par l'agitation en gouttelettes de mercure.

1er *Genre*.	Mercurides	simples	1 +	Mercure.
2e —	—	sulfurés	4 +	Cinabre.
3e —	—	séléniurés		Onofrite.
4e —	—	chlorurés	3 +	Calomel.
5e —	—	iodurés		Coccinite.

On a vu ci-dessus qu'il y avait une combinaison de mercure dans la famille des argentides.

Le **cinabre**, qui est le minerai de mercure le plus commun, est remarquable par sa belle couleur rouge; il est employé en peinture, mais sa destination principale est pour en retirer le mercure dont on fait usage dans les arts, notamment pour extraire l'argent de ses minerais.

9e *Famille*. — **Cuprides.**

Substances attaquables par l'acide nitrique, en donnant une solution qui précipite du cuivre quand on y plonge une barre de fer, ou qui prend une belle couleur bleue lorsque l'on y ajoute de l'ammoniaque.

1er *Genre*.	Cuprides	simples	1 +	Cuivre.
2e —	—	arséniurés		Domeykite.
3e —	—	séléniurés		Berzeline. Eucairite.

4e *Genre*.	Cuprides	sulfurés	3 † Chalkosine. ? Covelline. 1 † Philipsite. 2 † Chalkopyrite. ? Stromeyrine.
5e —	—	sulfantimoniés	1 † Panabase.
6e —	—	sulfarséniés	1 † Tennantite.
7e —	—	chloro-hydratés	Atakamite.
8e —	—	oxydés	1 † Ziguéline. ? Mélaconise.
9e —	—	vanadatés	Volborthite
10e —	—	arséniato-hydratés	3 † Olivénite. 3 † Euchroïte. 5 † Aphanèse. ? Erinite 3 † Liroconite.
11e —	—	phosphato-hydratés	3 † Aphérèse. 5 † Ypoléime.
12e —	—	silicato-hydratés	1 † Dioptase. ? Chrysocole. ? Sommervillite.
13e —	—	carbonatés	Mysorine.
14e —	—	carbonato-hydratés	5 † Malachite. 5 † Azurite.
15e —	—	sulfato-hydratés	3 † Brochantite. 6 † Cyanose.

Le cuivre entre encore comme élément essentiel dans la composition de quelques minéraux que nous rangeons dans les familles des argentides, des plombides, des stannides et des uranides.

Après la chalkopyrite, dont nous parlerons au chapitre des roches, le minerai de cuivre le plus abondant est la **panabase** à laquelle se rapportent principalement les matières nommées *fahlerz*, *schwarzerz*, *graugültigerz* par les mineurs allemands, et qui alimente même plusieurs exploitations, pour en extraire tant du cuivre que de l'argent. On connaît les nombreux usages du cuivre et de ses alliages dans les arts. La **malachite**, remarquable par sa belle couleur verte et son aptitude à prendre le poli, est employée comme pierre d'ornement; on s'en sert aussi en peinture de même que des arséniates, mais ce sont en général des carbonates et des arséniates artificiels de cuivre que l'on emploie à cet usage. L'**azurite** fait l'ornement des collections par ses beaux cristaux bleus, et on l'emploie quelquefois pour préparer du sulfate de cuivre à l'usage des teinturiers.

10e *Famille*. — **Uranides.**

Substances donnant, par l'acide nitrique, des solutions jaunes qui précipitent en rouge brunâtre par le cyanure ferroso-potassique. Ce pré-

cipité ou ces substances elles-mêmes donnent avec le phosphate ammonico-sodique un verre de couleur paille au feu d'oxydation, et vert au feu de réduction.

1er *Genre*. Uranides	oxydés		Péchurane.
2e — —	hydratés		Uraconise.
3e — —	niobatés.		Samarskite.
4e — —	phosphato-hydratés	2 +	Chalcolite.
		2 +	Uranite.
5e — —	sulfato-hydratés.		Johannite.

Le ***péchurane*** est une substance noirâtre à éclat gras, dont on retire l'urane qui sert dans les laboratoires.

11e *Famille*. — **Bismuthides.**

Substances attaquables par l'acide nitrique; solutions précipitant abondamment en blanc par l'eau, et en nor par les sulfhydrates.

1er *Genre*. Bismuthides	simples.	1 +	Bismuth.
2e — —	tellururés	4 +	Bornine.
			Tétradymile.
			Joséite.
3e — —	arséniurés.		Arsén.e de bismuthr
4e — —	sulfurés	3 +	Bismuthine.
5e — —	oxydés		Oxyde Bismuthique.
6e — —	silicatés		Eulytine.
7e — —	carbonatés		Agnésite.

C'est de la **bismuthine** que l'on retire ordinairement le bismuth employé dans les préparations pharmaceutiques et pour faire du blanc de fard.

12e *Famille*. — **Stannides.**

Substances dont la solution précipite en pourpre par le chlorure aurique.

1er *Genre*. Stannides	sulfurés		Stannine.
2e — —	oxydés	2 +	Cassitérite.

C'est de la **cassitérite** que l'on retire l'étain employé dans les arts.

13e *Famille.* — **Plombides.**

Substances dont on obtient aisément du plomb, au moyen d'un grillage ménagé et du carbonate sodique.

1er *Genre.*	Plombides simples	1 ÷	Plomb.
2e —	— tellururés	1 ÷	Altaïte.
		2 ÷	Elasmose.
3e —	— séléniurés	1 ÷	Claustalie.
4e —	— sulfurés	1 ÷	Galène.
5e —	— sulfantimoniés	?	Zinkenite.
		2 ÷	Jamesonite.
		5 ÷	Plagionite.
		?	Boulangerite.
		3 ÷	Bournonite.
6e —	— sulfarséniés	3 ÷	Dufrénoysite.
7e —	— oxydés		Massicot.
			Minium.
			Plattnérite
8e —	— scheelatés	2 ÷	Scheelitine.
9e —	— vanadatés		Descloisite.
		4 ÷	Vanadinite.
			Déchenite.
10e —	— molybdatés	4 ÷	Vanadinite.
		4 ÷	Descloisite.
		3 ÷	Dechenite.
		2 ÷	Mélinose.
11e —	— chromatés	3 ÷	Crocoise.
		?	Melanochroïte.
		3 ÷	Vauquelinite.
12e —	— sulfatés	3 ÷	Anglesite.
13e —	— sulfato-carbonatés	3 ÷	Leadhillite.
		5 ÷	Lanarkite.
		3 ÷	Caledonite.
14e —	— carbonatés	3 ÷	Cérusite.
15e —	— chloro-carbonatés	2 ÷	Kérasine.
16e —	— chloro-arséniatés	4 ÷	Mimétèse.
17e —	— chloro-phosphatés	4 ÷	Pyromorphite.
18e —	— chlorurés		Cotunnite.

Le plomb se trouve encore dans quelques autres minéraux, mais il paraît n'y être que d'une manière accidentelle.

La **galène** est la substance la plus commune de cette famille, et celle qui fournit presque tout le plomb employé dans les arts, soit à l'état métallique, soit à celui d'oxyde ou de carbonate. On s'en sert aussi directement sous le nom d'*alquifoux*, pour faire le vernis des poteries grossières. Elle est souvent mélangée de sulfures d'argent, de fer, d'antimoine, etc.; la *galène argentifère* est fréquemment exploitée comme minerai d'argent. La **cérusite** se trouve aussi dans beaucoup de gîtes de plomb, mais en petite quantité. La **crocoïse** ou *plomb rouge* de Sibérie, et la **mélinose** ou *plomb jaune*, se font remarquer dans les collections par leurs belles couleurs.

14e *Famille.* — **Cadmides.**

Substances donnant une auréole de poussière rouge ou orangée lorsqu'on les chauffe sur du charbon.

Genre unique. Cadmides sulfurés . . . . Greenockite.

Le cadmium se trouve aussi dans des minerais de zinc, mais en petite quantité, cependant Hermann dit qu'il y a de ces minerais qui en contiennent jusqu'à 11 pour cent.

15e *Famille.* — **Zincides.**

Substances donnant, lorsqu'on les traite sur du charbon avec du carbonate sodique, une poussière blanche qui entoure le fragment sans lui être contiguë et se volatilise facilement sans colorer la flamme; solution dans les acides donnant par l'ammoniaque un précipité blanc qui se redissout par un excès d'alcali.

1er	*Genre.*	Zincides	séléniurés		Séléniure de zinc.	
2e	—	—	sulfurés	1 +	Blende.	
3e	—	—	oxydés	4 +	Zincite.	
4e	—	—	hydratés	2 +	Hopéite.	
5e	—	—	ferratés.	1 +	Franklinite.	
6e	—	—	aluminatés	1 +	Gahnite.	
7e	—	—	silicatés.	4 +	Willemite	Calamines.
8e	—	—	silicato-hydratés. . . .	3 +	Kieselzinc	Calamines.
9e	—	—	carbonatés.	4 +	Smithsonite	Calamines.
10e	—	—	carbonato-hydratés . .		Zinconise.	
11e	—	—	sulfato-hydratés . . .	3 +	Goslarite.	

On cite aussi de l'iodure et du bromure de zinc, mais on ne les a encore rencontrés que mélangés dans d'autres minéraux.

La **blende** doit son nom aux aspects différents sous lesquels elle se présente; c'est une substance très fréquente dans les gîtes métallifères, mais qui s'y trouve ordinairement en petites quantités; on l'emploie actuellement comme minerai de zinc.

Nous parlerons des calamines dans le chapitre suivant.

16e *Famille.* — **Nickélides.**

Substances donnant, par la fusion avec le borax, un verre orangé, ou rougeâtre à chaud, jaunâtre ou incolore à froid; produisant, avec les

acides, des solutions verdâtres qui deviennent violâtres par l'addition de l'ammoniaque et précipitent en vert par les alcalis fixes.

1er *Genre.*	Nickélides	arséniurés	5 ÷ 4 ÷	Placodine. Nickeline.
2e	—	— antimoniurés	4 ÷	Breithauptite.
3e	—	— sulfurés.	4 ÷	Harkise.
4e	—	— sulfarséniés	1 ÷	Disomose.
5e	—	— sulfantimoniés	1 ÷	Ullmanite.
6e	—	— arséniato-hydratés		Annabergite.
7e	—	— silicato-hydratés.		Pimélite.
8e	—	— carbonato-hydratés. . . .		Pennite.

Le nickel existe encore dans d'autres substances, mais d'une manière accidentelle et en très petite quantité. Les nickélides se trouvent dans les gîtes de cobalt, de plomb, d'argent, d'arsenic et d'antimoine; c'est la nickéline qui est la moins rare de ces substances.

17e *Famille.* — **Cobaltides.**

Substances donnant un verre bleu lorsqu'on les fond avec le borax.

1er *Genre.*	Cobaltides	séléniurés		Séléniure de cobalt.
2e	—	— arséniurés	1 ÷	Smaltine.
3e	—	— sulfarséniés	1 ÷	Cobaltine.
4e	—	— sulfurés.	1 ÷	Linnéite.
5e	—	— oxydés		Suroxyde de cobalt.
6e	—	— arséniato-hydratés	5 ÷	Erythrine.
7e	—	— sulfato-hydratés	5 ÷	Rhodalose.

Le cobalt se trouve dans les filons métallifères plus ou moins mélangé avec d'autres minerais; ce métal sert à colorer en bleu les verres et les émaux, ainsi que pour préparer des couleurs bleues dont on se sert en peinture et pour le blanchissage du linge. C'est de la **smaltine** que l'on retire principalement le cobalt employé dans les arts. La présence de ce métal est ordinairement annoncée par de légers enduits couleur de rose d'érythrine et de rhodoïse.

18e *Famille.* — **Ferrides.**

Substances dont la solution précipite en bleu par le cyanure ferroso-potassique.

1er *Genre.*	Ferrides	simples.	1 ÷	Fer.
2e	—	— arséniurés.	3 ÷	Lœlingite.
3e	—	— sulfarséniés	3 ÷	Mispickel.
4e	—	— sulfantimoniés	3 ÷	Berthiérite.

5e *Genre.*	Ferrides	sulfurés ou pyrites		1 † Marcassite. 3 † Sperkise. 4 † Leberkise.
6e	—	—	oxydés	1 † Aimant 4 † Oligiste { spéculaire. rouge.
7e	—	—	hydratés	3 † Gœthite. ? Limonite.
8e	—	—	tantalatés	3 † Columbite.
9e	—	—	niobatés	3 † Baierine.
10e	—	—	titanatés	1 † Ménakanite. 3 † Mengite. 4 † Chrichtonite. 4 † Ilménite.
11e	—	—	scheelatés	5 † Wolfram.
12e	—	—	chromités	1 † Sidérochrome.
13e	—	—	arséniato-hydratés	1 † Pharmacosidérite. 3 † Scorodite. ? Arséniosidérite.
14e	—	—	phosphato-hydratés	5 † Vivianite. ? Terre bleue. ? Dufrénite. ? Phosphate blanc de fer. ? Delvauxine. ? Kacoxène.
15e	—	—	phosphatés	Triphylline.
16e	—	—	aluminatés	1 † Hercynite.
17e	—	—	silicatés	3 † Liévrite. ? Wehrlite. 3 † Fayalite. 5 † Arfwedsonite. 5 † Achmite.
18e	—	—	silicato-hydratés	4 † Cronstédite. 4 † Sidéroschizolite. ? Krokidolite. ? Gillingite. ? Hisingérite.
19e	—	—	silicato-chloro-hydratés	4 † Pyrodmalite.
20e	—	—	boratés	Lagonite.
21e	—	—	sulfato-hydratés	5 † Couperose. 5 † Néoplase. 4 † Coquimbite. ? Pittizite.
22e	—	—	carbonatés	4 † Sidérose.
23e	—	—	oxalatés	2 † Humboldtite.

Le fer, qui est le métal proprement dit le plus répandu de la nature, entre, comme élément essentiel, dans la composition de plusieurs minéraux qui ne sont pas indiqués ci-dessus, et, comme principe accidentel, dans une immense quantité d'autres substances, car on peut dire que c'est aux combinaisons de ce métal qu'une grande partie des minéraux colorés doivent leurs couleurs. On sait que le fer est celui des produits du règne minéral qui est le plus utile dans les arts. Les minerais les plus exploités figureront dans la série des roches.

19e *Famille.* — **Manganides.**

Substances donnant, par la fusion avec le borax, un verre violet au feu d'oxydation et incolore au feu de réduction, s'il est refroidi promptement.

1er *Genre.*	Manganides	arséniurés.			Kaneite.
2e	—	sulfurés	1	÷	Alabandine.
			1	÷	Hauerite.
3e	—	oxydés	2	÷	Hausmannite.
			2	÷	Braunite.
			3	÷	Pyrolusite.
4e	—	hydratés	3	÷	Acerdèse.
			4	÷	Groroilite.
5e	—	phosphato-hydratés	3	÷	Heterosite.
				?	Alluaudite.
			3	÷	Hureaulite.
6e	—	phosphatés	3	÷	Triplite.
7e	—	silicatés.	3	÷	Rhodonite.
				?	Knebelite.
			1	÷	Helvine.
8e	—	carbonatés.	4	÷	Diallogite.

Le manganèse se trouve encore comme principe accidentel dans un grand nombre d'autres substances; c'est, après le fer, le principe colorant le plus répandu dans le règne minéral. Nous y reviendrons dans le chapitre des roches.

20e *Famille.* — **Cérides.**

Substances donnant par la fusion avec le borax un verre qui, au feu d'oxydation, est orangé ou rouge à chaud, jaunâtre à froid, et qui est incolore au feu de réduction; attaquables en partie par les acides; solution donnant un précipité brun par la calcination.

1er *Genre.*	Cérides	fluorurés			Flucérine.
2e	—	fluo-hydratés.		?	Basicérine.
3e	—	niobatés			Æschynite.
4e	—	silicatés.	3	÷	Allanite.
				?	Cérine.
				?	Tchevkinite.
5e	—	silicato-hydratés.		?	Cérérite.
				?	Orthite.
6e	—	phosphatés.	3	÷	Edwarsite.
			4	÷	Monazite.
7e	—	carbonato-hydratés.			Carbocérine.

Le cérium est un corps fort rare qui n'a encore été trouvé que combiné avec beaucoup d'autres éléments dans des substances dont la composition est fort variable. Outre celles que nous avons indiquées ci-dessus et celles qui vont l'être dans la famille des titanides, le cérium se trouve, soit par substitution, soit par mélange accidentel, dans quelques autres minéraux rares, notamment dans la gadolinite, que l'on considère comme ayant pour base principale l'yttria, laquelle est isomorphe avec l'oxyde céreux.

IIe ORDRE.

Familles dont le corps dénominateur est un métal proprement dit, ordinairement électro-négatif.

1re *Famille.* — **Tantalides.**

Substances donnant, par la fusion avec le carbonate sodique, un sel soluble dans l'eau, dont la solution précipite, par l'addition de l'acide nitrique, une poudre blanche qui ne donne aucune couleur au verre de borax ou de phosphate ammonico-sodique.

Genre unique. Tantalides tantalatés	1 † Pyrochlore. 2 † Fergussonite. 2 † Acorite. 3 † Yttrotantale.

Le tantale est aussi un métal très rare qui ne se trouve que dans quelques minéraux de composition très variable et très compliquée. Il existe encore une autre espèce de tantalate que nous avons inscrite au tableau des ferrides.

2e *Famille.* — **Niobides.**

Le niobium est un métal qui a beaucoup de rapports avec le tantale, et qui ne se trouve qu'à l'état de niobates mélangés dans des minéraux fort rares, notamment dans la baiérine et dans quelques tantalates ou titanates.

2e *Famille.* — **Titanides.**

Substances donnant, par la fusion avec le carbonate sodique, un sel insoluble dans l'eau, mais attaquable par l'acide chlorhydrique, dont la

solution, étendue d'eau, devient bleue par l'action d'un barreau de zinc et donne, par l'ébullition ou par les alcalis, un précipité qui, traité au feu de réduction avec le phosphate ammonico-sodique, donne un verre bleu violâtre, qui devient plus ou moins opaque par le refroidissement.

1er *Genre.*	Titanides	oxydés	. . . .	2 ÷ Rutile. 2 ÷ Anatase. 3 ÷ Brookite.
2e	—	— titanatés	. . . .	1 ÷ Perovskite. 3 ÷ Polymignite.
3e	—	— silicato-titanatés	. . . . .	5 ÷ Sphène.

Nous avons déjà indiqué trois autres titanates à l'article des ferrides.

C'est du **rutile** ou *schorl rouge* que l'on retire le titane employé dans les laboratoires et pour peindre sur la porcelaine.

3e *Famille.* — **Tellurides.**

Substances donnant un sublimé gris dans le tube fermé et répandant par le grillage dans le tube ouvert une fumée blanche, piquante, sans odeur, qui se dépose à la partie froide du tube sous la forme de poudre blanche, susceptible de se fondre en gouttelettes lorsqu'on la chauffe.

1er *Genre.*	Tellurides	simples	. . . .	4 ÷ Tellure.
2e	—	— carbonatés	. . . . . .	Herrerite.

Nous avons déjà indiqué sept espèces de tellurures dans les familles des aurides, des argentides, des bismuthides et des plombides. Il est aussi à remarquer que le tellure imprime beaucoup plus de caractères à ces combinaisons que l'or, l'argent, le bismuth et le plomb.

4e *Famille.* — **Antimonides.**

Substances offrant immédiatement ou donnant par la calcination ou par l'acide nitrique, et avec dégagement de gaz oxyde nitrique, une matière blanche volatile par la chaleur, attaquable par l'acide chlorhydrique dont elle précipite en blanc par l'eau et en jaune par les sulfhydrates.

1er *Genre.*	Antimonides	simples	. . . .	4 ÷ Antimoine.
2e	—	— arseniurés	. . . . . .	Arseniure d'antim.
3e	—	— sulfurés	. . . .	3 ÷ Stibine.
4e	—	— sulfoxydés	. . . . . .	Kermès.
5e	—	— oxydés	. . . .	3 ÷ Exitèle.
6e	—	— hydratés	. . . .	Stibiconise.
7e	—	— anttimoniatés	. . . . .	Roméine.

L'antimoine existe encore dans beaucoup d'autres minéraux que nous avons inscrits dans les familles des argentides, des cuprides, des plombides et des nickélides.

C'est de la **stibine** que l'on extrait l'antimoine employé, soit à faire quelques alliages, notamment celui des caractères d'imprimerie, soit à fabriquer dans les pharmacies l'émétique, le kermès, etc. On fait aussi entrer la stibine dans la composition des crayons communs dits de mine de plomb.

5e *Famille*. — **Scheelides.**

Substances donnant, par la fusion avec le carbonate sodique, un sel soluble dans l'eau, dont la solution précipite, par l'addition de l'acide nitrique, une poudre qui devient jaune par l'ébullition.

1er *Genre*. Scheelides	oxydés.		Acide scheelique.
2e — —	scheelatés.	2	† Scheelite.

Le scheelin ou *tungstène* entre encore dans la composition de deux minéraux que nous avons indiqués dans le tableau des ferrides et des plombides.

6e *Famille*. — **Vanadides.**

Le vanadium est un métal très rare qui n'a encore été trouvé que dans un petit nombre de substances, savoir : dans des vanadates indiqués aux familles des cuprides et des plombides, dans des minerais de fer du Taberg, en Suède, et dans de petits mamelons sur les calamines de Wandoeheade en Écosse; mais on ne sait dans quel état il existe dans ces dernières substances.

7e *Famille*. — **Molybdides.**

Substances donnant, par la fusion avec le carbonate sodique, un sel soluble dans l'eau, dont la solution précipite, par l'addition de l'acide nitrique, une poudre qui reste blanche par l'ébullition, qui bleuit lorsqu'on la dépose sur le barreau de zinc et qui forme un verre de couleur vert d'émeraude avec le phosphate ammonico-sodique.

1er *Genre*. Molybdides	sulfurés	4	† Molybdénite.
2e — —	oxydés		Acide molybdique.

Nous avons aussi indiqué un molybdate dans la famille des plombides.

8e *Famille.* — **Chromides**.

Substances donnant, par la fusion avec le carbonate de soude, qu'il faut quelquefois mélanger de salpêtre pour les oxyder, un sel soluble dans l'eau, dont la solution précipite en rouge par le nitrate argentique et en jaune par le nitrate plombique.

Genre unique. Chromides oxydés . . . . Oxyde chromique.

Les principales espèces minérales contenant du chrome sont celles que nous avons indiquées dans les familles des ferrides et des plombides.

9e *Famille.* — **Arsénides.**

Substances dégageant une fumée blanche qui a l'odeur d'ail, soit par un simple grillage, soit par le traitement au feu avec un mélange de charbon, et dont la solution dans les acides est précipitée en brun par le nitrate argentique, en jaune par le sulfhydrate ammonique.

1er *Genre.* Arsénides	simples.	4 +	Arsénic.
2e — —	sulfurés	3 +	Réalgar.
		3 +	Orpiment.
3e — —	oxydés.		Arsénite.
4e — —	arséniato-hydratés . . .	3 +	Haidingerite.
		3 +	Pharmacolite.

L'arsenic se trouve encore dans beaucoup d'autres minéraux que nous avons indiqués dans les familles des antimonides, des ferrides, des cobaltides, de nickélides, des plombides, des bismuthides, des cuprides et des argentides.

On sait que ce métal est employé dans plusieurs arts et que l'**acide arsénieux** (arsénite) est un poison très violent, mais on en rencontre très peu dans la nature et celui que l'on trouve dans le commerce est préparé artificiellement. Le **réalgar** et l'**orpiment** sont employés en peinture sous les noms d'*orpin jaune* et d'*orpin rouge*.

10e *Famille.* — **Sélénides** (1).

Substances donnant l'odeur du raifort pourri par le grillage dans un tube ouvert et un sublimé rouge lorsqu'on les chauffe dans un tube fermé.

(1) J'ai laissé le Sélénium à la suite des métaux pour ne point changer la classification de Berzélius, mais on le place actuellement à côté du soufre.

Le sélénium est très rare dans la nature; il s'y trouve cependant comme principe électro-négatif essentiel de quelques minéraux que nous avons indiqués dans les familles des argentides, des cuprides, des plombides, des zincides et des cobaltides. Il existe aussi, mais en petites quantités, dans d'autres substances, notamment dans le soufre et dans les sulfures métalliques de Fahlun en Suède. On cite également un *sulfure de sélénium* trouvé dans le cratère de Vulcano aux îles Lipari, mais cette substance n'est pas bien connue.

DEUXIÈME CLASSE. — KOUPHYLITES.

Substances composées de métalloïdes chimiques, soit simples, soit combinés entre eux ou avec les métaux susceptibles de se transformer en terres et en alcalis.

Ces minéraux sont les plus abondants dans la nature; ils s'y présentent dans les états solide, liquide et gazeux; ils ont fréquemment un certain degré de transparence ou de translucidité; leur éclat est souvent vitreux, presque jamais métallique.

Ier ORDRE.

Familles dont le corps dénominateur se transforme en terre et en alcalis.

1re *Famille*. — **Potassides.**

Le potassium n'est connu dans la nature que comme formant la base d'oxysels et de halosels que nous indiquerons dans les familles des silicides, des chlorides, des sulfurides, des nitrides et des carbonides.

2e *Famille*. — **Sodides.**

Le sodium, plus répandu dans la nature que le potassium, ne s'y trouve également que comme formant la base d'oxysels et de halosels que nous indiquerons dans les familles des silicides, des borides, des fluorides, des chlorides, des sulfurides, des nitrides, des hydrides et des carbonides. Il entre aussi accidentellement dans la composition de quelques ferrides.

3e *Famille.* — **Lithides.**

Le lithium est un corps fort rare qui n'a encore été trouvé qu'à l'état de base d'oxysels dans des minéraux que nous rangeons dans les familles des manganides, des silicides et des phosphorides.

4e *Famille.* — **Barides.**

Le barium, quoique plus abondant que le lithium, n'existe non plus, du moins comme élément essentiel, que dans quelques oxysels que nous rangeons dans les familles des sulfurides et des carbonides.

5e *Famille.* — **Strontides.**

Le strontium, un peu plus rare que le barium, n'existe également, comme élément essentiel, que dans quelques oxysels que nous rangeons dans les familles des sulfurides et des carbonides.

6e *Famille.* — **Calcides.**

Le calcium est un des corps les plus abondants de la nature; mais de même que ceux que nous venons d'indiquer dans cet ordre, il ne s'y trouve, comme élément essentiel, qu'à l'état d'oxysels et de halosels que nous rangeons dans les familles des carbonides, des nitrides, des sulfurides, des phosphorides, des chlorides, des fluorides, des borides, des silicides, des arsénides, des scheelides, des titanides et des cérides.

7e *Famille.* — **Magnésides.**

Le magnésium est un corps assez abondant dans la nature; il y est généralement, ainsi que les autres bases des alcalis, à l'état de sels que nous plaçons dans les familles des aluminides, des silicides, des borides, des phosphorides, des sulfurides et des carbonides, de sorte qu'il ne reste que deux espèces à mentionner ici.

1er *Genre.*	Magnésides oxydés.	1 ÷	Périklase.
2e —	— hydratés	4 ÷	Brucite.

8e *Famille.* — **Aluminides.**

Substances donnant une matière de couleur bleue lorsqu'on les soumet à un bon coup de feu après les avoir réduites en poudre et humectées d'une goutte de nitrate cobaltique.

1er *Genre.*	Aluminides oxydés		4 † Corindon.	Télésie. Adamantin. Emeri.
2e —	— aluminatés	magnésiques.	1 † Spinelle	Rubis. Pléonaste.
		gluciques. .	3 † Cymophane.	
3e —	— hydratés		6 ÷ Diaspore. 4 ÷ Hydrargilite. ? Gibbsite.	

L'aluminium est un corps extrêmement abondant dans la nature, mais qui s'y trouve en général dans des combinaisons que nous rangeons dans les familles des silicides, des phosphorides, des sulfurides, des carbonides, des ferrides et des zincides.

Le **corindon** est, après le diamant, le plus dur de tous les corps connus. La *télésie* (*corindon hyalin* ou *gemme orientale*) est une des pierres les plus estimées par les joailliers qui lui donnent divers noms selon sa couleur; ainsi ils l'appellent *saphir* quand elle est bleue, *rubis oriental* quand elle est rouge, *améthyste orientale* quand elle est violette, *émeraude orientale* quand elle est d'un beau vert, *péridot oriental* quand elle est d'un vert jaunâtre, *topaze orientale* quand elle est jaune, *saphir blanc* quand elle est limpide. L'*émeri* ou *corindon granulaire* contient toujours du fer et est employé pour polir les glaces et les métaux.

Le **rubis** et la **cymophane** sont aussi employés par les joailliers qui désignent la dernière sous les noms de *chrysolite orientale* et de *topaze orientale* et qui appellent le premier *rubis spinelle* et *rubis balais* selon qu'il est d'un rouge vif ou qu'il présente des teintes plus pâles.

9e *Famille.* — **Glucides.**

Le glucium est un corps très rare qui ne se trouve, du moins comme élément essentiel, que dans un petit nombre d'espèces que nous rangeons dans les familles des silicides et des aluminides.

10e *Famille.* — **Yttrides.**

L'yttrium est aussi un corps très rare qui n'a été trouvé, jusqu'à présent, que dans quelques minéraux peu connus de la Scandinavie où il est combiné avec les acides silicique, titanique et tantalique, et que, pour cette raison, nous rangeons dans les familles des silicides, des titanides et des tantalides.

11e *Famille.* — **Zirconides.**

Le zirconium est encore un corps très rare; il n'a été observé jusqu'à présent, du moins comme élément essentiel, que dans deux silicates et dans deux titanates que nous rangeons dans les familles des silicides et des titanides.

12e *Famille.* — **Thorides.**

Le thorium est un corps excessivement rare qui n'a encore été rencontré, comme principe essentiel, que dans le minéral nommé thorite, où il est à l'état de silicate.

IIe ORDRE.

Familles dont le corps dénominateur est un métalloïde chimique.

1re *Famille.* — **Silicides.**

Substances donnant du fluoride silicique gazeux lorsque, après les avoir mêlées avec du fluorure calcique, on les chauffe dans un tube métallique avec de l'acide sulfurique concentré.

1er *Genre.* Silicides oxydés	4 ;	Quartz	quartz p. d. agate. silex. jaspe.
2e — — hydratés		Opale	hyalite. opale p. d. resinite.

3e *Genre*. Silicides silicatés

- zirconiques
  - 2 † Zircon.
  - 4 † Eudialite.
- yttriques
  - 3 † Gadolinite.
- gluciques
  - 4 † Phénakite. Emeraude.
  - 5 † Euclase.
- alumineux
  - 1 †
    - Grenat: grossulaire. mélanite. almandine. spessartine. commun. pyrope. ouvarovite.
    - Amphigène.
  - 2 † Idocrase. Wernerite. Couzeranite. Dipyre. Méionite. Gehlénite. Humboldtilite.
  - 3 † Andalousite. Staurotide. Cordiérite.
  - 4 † Néphéline.
  - 5 † Épidote: zoïsite. thallite. violane.
  - 6 † Disthène. Sillimanite.
  - Feldspaths.
    - 5 † Orthose. Pétalite. Triphane.
    - 6 † Albite. Oligoklase. Labradorite. Anorthite.
    - ? Adinole.
    - ? Leelite.
    - ? Isopyre.
  - Micas
    - 3 † Moscovite.
    - ? Lépidolite.
    - ? Damourite.
    - ? Nacrite.
    - 3 † Biotite.
    - ? Rubellane.
- magnésiques
  - 3 † Péridot.
  - 5 † Amphibole: grammatite. néphrite. asbeste. actinote. anthophyllite. hornblende.
- calciques
  - 5 †
    - Pyroxène: hyperstène. bronzite. augite. diopside.
    - Wollastonite.
    - Edelforsite.

4e *Genre*. Silicides silicato-hydratés

- thoriques . . . . Thorite.
- alumineux
  - simples . . . .
    - ? Hydrobuckolzite.
    - ? Pholérite.
    - ? Cimolite.
    - ? Lenzinite.
    - ? Séverite.
    - ? Halloysite.
    - ? Allophane.
    - ? Collyrite.
  - doubles
    - zéolites
      - 1 ÷ Analcime. Ittnérite. Glottalite.
      - 2 ÷ Edingtonite. Faujasite. Gismondine.
      - 3 ÷ Christianite. Harmotome. Thomsonite. Prehnite. Stilbite. Mésotype. Scolezite.
      - 4 ÷ Levyne. Chabasie. Gmelinite.
      - 5 ÷ Heulandite. Brewstérite. Laumonite.
    - Carpholite.
    - pinitiens
      - Ottrélite.
      - Pagodite.
      - 3 ÷ Pinite.
      - 5 ÷ Triklasite.
      - Pyrophyllite.
      - Kerolite.
- magnésiques
  - doubles . . . .
    - 3 ÷ Ripidolite.
    - 4 ÷ Pennine.
    - 5 ÷ Clinochlore.
    - 5 ÷ Diallage.
  - simples . . . .
    - ? Talc.
    - ? Stéatite.
    - ? Serpentine.
    - ? Magnésite.
- calciques . . . .
  - ? Pectolite.
  - 2 ÷ Apophyllite.
  - ? Dysclasite.

5e *Genre*. Silicides silicato-fluorurés . . . . . .
- 3 ÷ Topaze.
- 3 ÷ Pycnite.
- 2 ÷ Condrodite.

6e — — silicato-chlorurés . . . . ? Sodalite.

7e — — silicato-sulfatés . . . .
- 1 ÷ Haüyne. Nosine. Lazulite.

8e — — silicato-boratés . . . .
- 4 ÷ Tourmaline.
- 6 ÷ Axinite.

9e — — silicato-borato-hydratés . . . .
- 5 ÷ Datholite.
- ? Botryolite.

Le silicium forme encore un élément essentiel de plusieurs minéraux que nous avons indiqués dans les tableaux des aluminides, des titanides, des cérides, des manganides, des ferrides, des zincides et des cuprides.

En renvoyant au chapitre suivant pour ce qui concerne les **quartz** qui forment des roches, nous dirons ici que quelques variétés de cette espèce sont employées dans la joaillerie sous diverses dénominations : tels sont le *quartz limpide* (*cristal de roche*, *faux diamant*) ; le *quartz transparent jaune* (*fausse topaze*) ; le *quartz transparent violet* (*améthyste*), qui est très estimé quand il est d'une belle teinte sans défaut ; le *quartz chatoyant* (*œil de chat*), qui est aussi très recherché ; le *prase*, qui est un quartz vert sombre ou olivâtre ; l'*aventurine*, qui est un quartz brun roussâtre, translucide, laissant voir une multitude de petites paillettes brillantes, phénomène qui est dû à de petites lames de quartz plus brillantes que la masse principale. Parmi les agates, on distingue la *calcédoine*, qui est d'une transparence nébuleuse et dont la couleur est le blanc de lait plus ou moins nuancé de rose, d'orangé, de jaune, de bleuâtre et de verdâtre ; l'*onyx*, qui est une calcédoine où ces nuances forment des raies parallèles qui rappellent les ongles de nos doigts ; la *cornaline*, qui est rouge et très translucide ; la *chrysoprase*, qui est une agate de couleur vert-pomme ; le *plasme*, qui est d'un vert intermédiaire entre le vert de pré et le vert de poireau ; l'*héliotrope*, qui est d'un vert foncé pointillé de rouge ; le *cacholong*, qui est blanchâtre, terne, presque opaque ; enfin d'autres agates sont appelées *rubanées*, *œillées*, *mousseuses*, *arborisées*, etc., à cause des dessins qu'elles présentent. On se sert aussi de quelques variétés de quartz pour faire des coupes et d'autres petits meubles.

L'**opale** est aussi employée dans la joaillerie, et les reflets qui jaillissent de son intérieur lui donnent quelquefois beaucoup de valeur. On appelle *opale à flamme* celle de couleur rouge qui paraît comme en feu, *girasol* celle de couleur jaune, et *opale arlequine* ou *œil du monde* celle qui présente plusieurs couleurs à la fois. Une variété est *hydrophane*, c'est à dire que sa translucidité augmente lorsqu'elle est plongée dans l'eau.

Le **zircon** est également employé dans la bijouterie, mais moins recherché. Les lapidaires appellent *jargon* les variétés blanchâtre, grisâtre, verdâtre, bleuâtre, brune et rougeâtre dont les teintes sont pâles, inégalement répandues, et dont le clivage est peu sensible. Ils nomment *hyacinthe* celles qui sont d'un rouge, d'un brun rougeâtre, ou d'un brun jaunâtre plus prononcé, dont le clivage est plus facile et les formes cristallines plus nettes.

L'**émeraude** ou *béryl* est une pierre précieuse d'un prix élevé quand elle est d'un beau vert; les lapidaires l'appellent alors *émeraude du Pérou;* ils appellent *aigue-marine* les variétés d'un bleu verdâtre.

Quelques variétés de **grenat** sont employées dans la joaillerie et sont très estimées lorsqu'elles sont d'une belle teinte et exemptes de défaut : ce sont l'*almandine* ou *grenat noble*, qui est d'un rouge foncé, et le *pyrope* ou *grenat de Bohême*, qui est d'un rouge de sang et que les lapidaires confondent quelquefois avec le zircon sous le nom d'*hyacinthe*.

L'**idocrase** ou *vésuvienne*, est souvent verte, d'autres fois brune, noire ou bleue. Quelques variétés transparentes sont employées dans la bijouterie, mais elles ont en général peu de valeur.

La variété d'**andalousite,** connue sous le nom de *macle*, est souvent remarquable par l'association des couleurs noire et blanche, disposées régulièrement de manière à former un prisme rectangulaire noir, au milieu d'un prisme blanchâtre; quelquefois la couleur noire se propage suivant les diagonales et forme quatre autres prismes aux angles solides. Quelquefois aussi, la matière blanche ne forme qu'une espèce d'écorce mince autour de la matière noire; d'autres fois, mais rarement, le cristal est formé de parties alternativement blanchâtres et noirâtres.

La **staurotide** (*croisette*, *granatite*) attire souvent l'attention des curieux, par la manière dont ses cristaux se présentent en forme de croix, circonstance qui résulte du groupement de deux prismes droits rhomboïdaux. (*Voir la figure page* 85.)

La **cordiérite** ou *dichroïte*, est remarquable par le phénomène du dichroïsme, qui est très prononcé dans les variétés transparentes. Celles d'une belle teinte sont employées dans la bijouterie, sous les noms de *saphir d'eau* et de *luch saphir*.

Le nom de **feldspath** est donné depuis longtemps à des substances qui ont des rapports de composition, de fusibilité, de dureté, mais entre lesquelles on a reconnu, dans ces derniers temps, des différences suffisantes pour distinguer plusieurs espèces qui se rangent même dans deux systèmes cristallins. Ces minéraux présentent aussi des variations dans la nature du principe alcalin qui s'associe au silicate d'alumine, principe qui est de la potasse dans l'orthose, de la soude dans l'albite, de la chaux dans le labradorite; mais, comme ces corps, de même formule, sont susceptibles de se substituer, ils se trouvent souvent réunis dans un même minéral.

Les feldspaths sont très abondants dans la nature, et entrent dans la composition de beaucoup de roches, ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant; nous nous bornerons à indiquer ici que l'**orthose** se présente

souvent en magnifiques cristaux qui font l'ornement des collections de minéralogie, et que quelques variétés sont employées sous divers noms dans la bijouterie ; telles sont : la *pierre du soleil*, qui est aventurinée ; la *pierre de lune*, qui est chatoyante ; l'*adulaire*, qui est limpide et nacrée ; la *pierre des amazones*, qui est verte, etc.

On donne le nom de **micas** à une série de minéraux dont la composition est très variée. Parmi les corps qui s'y trouvent associés avec le silicate d'alumine, les plus constants sont la potasse et la magnésie qui donnent lieu à l'établissement de deux espèces, caractérisées aussi par leurs propriétés optiques ; les micas à potasse ayant deux axes bien distincts et ceux à magnésie paraissant n'en avoir qu'un, d'où l'on avait cru à l'existence de deux systèmes cristallins différents ; mais, d'après les dernières observations de M. de Sénarmont, ces substances appartiendraient également au système du prisme rhomboïdal droit et la différence serait due à l'influence de la nature du minéral sur l'écart des rayons, lequel serait très sensible chez le mica à potasse et presque nul dans celui à magnésie. Quant aux autres corps que l'on rencontre aussi dans les micas, tels que la lithine, les oxydes de fer et de manganèse, la chaux, l'eau, le fluor, l'acide phosphorique, les uns sont considérés comme s'y trouvant par voie de substitution et le rôle des autres n'est pas encore bien connu. Du reste les analyses des micas donnent des résultats si variables et les cristaux sont si imparfaits que l'on est loin d'être d'accord sur la manière dont on doit envisager les nombreuses modifications auxquelles les auteurs ont donné des dénominations particulières, mais nous considérons les noms de *moscovite* et de *biotite* comme représentant respectivement les types des micas potassique et magnésien.

Les micas sont remarquables par la facilité avec laquelle ils se clivent en lames très minces. Celui qui est en grande lames et transparent est employé sous le nom de *verre de Moscovie* pour remplacer le verre à vitre. Sa ténacité, qui l'emporte sur celle du verre, le rend très propre à servir aux choses qui sont sujettes à se briser, telles que les fenêtres de vaisseaux de guerre, les lanternes, les petites images destinées à être maniées d'où on l'a appelé *Glacies Mariæ;* mais il est sujet à se ternir et à se rayer lorsqu'on le frotte. Les micas pulvérulents ou en lamelles très petites sont employés sous le nom de *poudre d'or* et de *poudre d'argent* pour sécher l'écriture.

Les micas sont très abondants dans la nature et ils entrent dans la composition d'un grand nombre de roches, ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant.

Le **péridot** (*chrysolite des volcans*, *olivin*) est quelquefois employé

dans la joaillerie lorsqu'il est transparent, mais c'est une pierre peu estimée.

L'**amphibole** est une substance très répandue dans la nature, qui entre dans la composition de beaucoup de roches et qui se présente souvent à l'état cristallin ; une variété compacte, nommée *néphrite* ou *céraunite*, est travaillée à la Chine et dans l'Océanie, pour faire des haches, des poignées de sabre et d'autres ornements. Une variété fibreuse, nommée *amiante*, forme des fibres si déliées et si flexibles, qu'elles ressemblent à du coton et qu'elles se laissent filer et tisser.

Le **pyroxène** est également une substance très abondante, qui diffère fort peu de l'amphibole, et que nous verrons de même entrer dans la composition d'un grand nombre de roches.

Les **hydrosilicates aluminiques simples**, sont solubles en gelée dans les acides et n'ont pas encore été trouvés à l'état cristallin. Lorsqu'on les extrait de leurs gîtes ils sont généralement tendres, opaques ou translucides, imprégnés d'eau hygrométrique et se laissent facilement entamer par le couteau, mais ils se fendillent et deviennent cassants par le desséchement.

La grande tribu des **zéolites** est remarquable par sa tendance à présenter de beaux cristaux, qui toutefois n'ont d'autre usage que de contribuer à l'ornement des collections de minéralogie. Ces minéraux ont des caractères qui s'appliquent, à très peu d'exceptions près, à toute la tribu : tels sont ceux d'être solubles en gelée dans les acides, d'être facilement fusibles au chalumeau, d'être peu durs, d'avoir un éclat vitreux ou nacré et d'être limpides ou de couleur blanche.

Lorsque l'on a séparé les zéolites des autres hydrosilicates alumineux doubles, il reste quelques minéraux qui ne présentent plus de beaux cristaux vitreux, mais qui prennent communément la texture, laminaire et quelquefois les textures radiées, fibreuse ou compacte. Nous les désignons par le nom de **pinitiens** tiré de l'une de ces espèces qui a déjà servi à caractériser une division. Celui de ces minéraux nommé *pagodite* ou *pierre de lard* est employé en Chine à faire de petites figures que l'on connaît en Europe sous le nom de *magots;* sa texture est compacte et son éclat gras.

Les **hydrosilicates magnésiques** doubles ont beaucoup de rapports avec les pinitiens et avec les micas, ils sont ordinairement comme ces derniers facilement clivables en lames minces, quant à ceux que l'on considère comme simples on ne les a pas encore rencontrés à l'état cristallin et les espèces *talc*, *stéatite* et *serpentine* sont établies sur des caractères empyriques plutôt que sur des caractères scientifiques. On leur a

cependant attribué, dans ces derniers temps des compositions déterminées, mais on est presque toujours obligé, dans cette manière de voir, de les considérer comme mélangées, soit entre elles, soit avec d'autres substances. Ces matières sont très abondantes ainsi que nous le verrons au chapitre des roches.

Il y en a qui sont employées par les tailleurs sous le nom de *craie de Briançon* pour tracer des lignes sur les étoffes. D'autres servent à adoucir le frottement des machines en bois, à faciliter l'entrée dans les chaussures et dans les gants de peau, à dégraisser les étoffes, etc. La *magnésite* connue dans le commerce sous le nom d'*écume de mer* est employée à faire des pipes.

Le rôle que jouent le fluor, le chlore, le soufre et le bore dans les **derniers genres de silicides** n'est pas bien déterminé pour tous ces minéraux, qui présentent une composition anomale par rapport aux autres espèces de cette famille.

La **topaze** est une pierre qui raye le quartz et cristallise en prismes rhomboïdaux de 124° 20'. Elle est employée dans la joaillerie, mais on n'y estime que les variétés naturellement d'un jaune pur ou orangé ou d'un rouge d'hyacinthe. On appelle *topaze brûlée* des variétés jaunes ou roussâtres que l'on fait devenir rosâtres par l'action du feu.

La **lazulite**, aussi nommée *lapis lazuli* et *outremer*, est fusible en verre blanc et soluble dans les acides en perdant sa couleur qui est d'un beau bleu d'azur. On l'emploie pour faire des objets d'ornements et pour en tirer une couleur remarquable par sa beauté et sa solidité; aussi cette substance est-elle toujours d'un prix assez élevé.

La **tourmaline** est une substance qui cristallise en prisme allongé dérivé d'un rhomboèdre de 133° 56'. Elle est souvent opaque et de couleur noire. Les variétés rouges et transparentes sont très recherchées pour la joaillerie, qui emploie aussi les variétés vertes et bleues sous les noms impropres d'*émeraude du Brésil* et de *saphir du Brésil*. La tourmaline est remarquable par la manière dont elle acquiert la polarité électrique par la chaleur.

2e *Famille*. — **Borides.**

Substances qui, réduites en poudre et humectées d'acide sulfurique, donnent à l'alcool la propriété de brûler avec une flamme verte.

1er *Genre*.	Borides hydratés	6 †	Sassoline.
2e —	— borate hydratés	5 †	Borax. Hayésine.
3e —	— borate chlorurés	1 †	Boracite. Stassfurstite.

On vient de voir qu'il y avait dans la famille des silicides quelques minéraux contenant aussi de l'acide boracique.

Le **borax** est une substance très utile dans les arts : les orfévres et les bijoutiers s'en servent pour préserver les soudures de l'oxydation et faciliter leur fusion dans la réunion des diverses pièces. Il entre aussi dans la composition de certains verres blancs. Il sert de fondant aux couleurs que l'on applique sur la porcelaine ; il contribue à la fusion de plusieurs minerais et il est extrêmement utile aux minéralogistes pour leurs essais par la voie sèche. On le trouve dissous dans les eaux de certains lacs et quelquefois en petites couches près de ces lacs, celui dont on se sert dans les arts est fabriqué en combinant de la soude avec de la sassoline.

3e *Famille.* — **Fluorides.**

Substances qui, chauffées dans un tube fermé, soit avec du bisulfate potassique, soit avec de l'acide sulfurique concentré, dégagent un gaz incolore qui ternit le verre.

1er *Genre.*	Fluorides	alumineux	3 ÷	Fluélite.
2e	—	alumino-sodiques	2 ÷	Cryolite.
3e	—	calciques	1 ÷	Fluorine

Le fluor se trouve aussi dans quelques autres minéraux que nous rangeons dans les familles des phosphorides, des silicides et des cérides. La fluorine figure parmi les roches.

4e *Famille.* — **Iodides.**

Substances donnant des vapeurs violâtres par l'action de l'acide sulfurique et de la chaleur ou une matière qui procure une couleur bleue à l'eau contenant de l'amidon en suspension.

Nous avons déjà indiqué l'existence d'iodures d'argent et de mercure. Il paraît qu'il existe aussi de l'iodure de zinc dans les calamines de Silésie. L'iodure sodique existe en petite quantité dans l'eau de mer et dans quelques eaux minérales qui lui doivent leurs propriétés pour guérir les goîtres et les maladies scrophuleuses.

5e *Famille.* — **Bromides.**

Substances qui, chauffées dans un tube fermé avec du bisulfate potassique, donnent des vapeurs rougeâtres, et dont la solution prend une couleur jaune rougeâtre par l'action du chlore gazeux.

Le brome est un corps encore plus rare que l'iode. Il se trouve à l'état de bromure d'argent, ainsi qu'on l'a vu à la famille des argentides. Il en existe aussi dans les calamines de la Silésie, ainsi que dans les eaux de la mer et dans quelques eaux minérales, mais toujours en très petite quantité.

6e *Famille.* — **Chlorides.**

Substances dégageant du chlore par l'action de l'acide sulfurique sur leur mélange avec l'oxyde manganique; donnant, lorsqu'on les fond avec le phosphate ammonico-sodique, préalablement fondu avec de l'oxyde de cuivre, une belle couleur bleue tirant sur le violet à la flamme qui enveloppe le globule que l'on obtient.

1er *Genre.*	Chlorides	hydriques		Acide chlorhydrique.
2e —	—	sodiques	1	† Selmarin.
3e —	—	potassiques	1	† Sylvine.
4e —	—	ammoniques	1	† Salmiac.

Le chlore entre encore dans la composition d'autres minéraux que nous avons indiqués dans les familles des argentides, des mercurides, des cuprides, des plombides, des ferrides et des silicides.

L'**acide chlorhydrique** ne se trouve dans la nature qu'à l'état gazeux ou combiné avec d'autres substances; celui dont on fait usage dans les laboratoires et dans les arts est extrait de ces combinaisons.

Le **salmiac** (*sel ammoniac, sel de Tartarie*) est employé dans les arts pour décaper les métaux, ainsi que pour la préparation de l'eau régale servant en teinture pour dissoudre l'étain. On s'en sert également pour la préparation de l'ammoniaque et du carbonate ammonique. Le commerce l'apporte du centre de l'Asie et on le fabrique artificiellement.

Nous parlerons du sel marin au chapitre des roches.

7e *Famille.* — **Phosphorides.**

Substances donnant par la fusion avec le carbonate sodique un sel soluble dans l'eau, dont la solution, préalablement dépouillée d'acide carbonique, précipite en blanc par le nitrate plombique et en jaune par le nitrate argentique.

1er *Genre.* Phosphorides phosphatés. .	ytriques . .	2	† Xénotime.
	aluminiques.	3	† Ambligonite.
		?	Calaïte.
		?	Klaprothite.

2e *Genre.*	Phosphorides phosphato-fluorurés . . .	4 ÷	Apatite.
		3 ÷	Wagnérite.
3e —	— phosphato-hydratés . . .	4 ÷	Wavélite.

Le phosphore, toujours à l'état de phosphate, entre encore, comme élément essentiel, dans plusieurs autres minéraux que nous avons indiqués dans les tableaux des cuprides, des uranides, des plombides, des ferrides, des manganides et des cérides. Il se trouve aussi dans quelques autres substances, notamment dans les arséniates; mais il paraît que l'acide phosphorique y est accidentellement et comme substitué à l'acide arsénique, combinaison de même formule et isomorphe.

La **calaïte** est un minéral peu connu, de couleur bleu de ciel ou bleu verdâtre, que l'on emploie en joaillerie sous le nom de *turquoise de vieille roche.*

L'**apatite** ou *phosphorite* est une substance assez commune qui présente un grand nombre de modifications et dont quelques variétés bleuâtres ou d'un bleu verdâtre sont employées en joaillerie; quelques variétés, principalement celles à texture grossière, sont phosphorescentes par la chaleur.

8e *Famille.* — **Sulfurides.**

Substances dégageant des vapeurs d'acide sulfureux soit immédiatement, soit par l'action de la poussière de charbon aidée de la chaleur, ou bien donnant de l'acide sulfhydrique lorsque, après les avoir traitées par le carbonate potassique et la poussière de charbon, on fait agir de l'acide nitrique sur le résidu.

1er *Genre.*	Sulfurides simples			3 ÷	Soufre.
2e —	— hydriques				Acide sulfhydrique.
3e —	— oxydés.				Acide sulfureux.
4e —	— hydratés				Acide sulfurique.
5e —	— sulfatés	potassiques . .		3 ÷	Aphtalose.
		sodiques . . .		3 ÷	Thénardite.
		strontiques . .		3 ÷	Celestine.
		barytiques. . .		3 ÷	Barytine.
		baryto-calciques.		3 ÷	Dreelite.
		calcio-sodiques .		5 ÷	Glaubérite.
		calciques . . .		3 ÷	Karsténite.
6e —	— sulfato-hydratés	calciques . . .		3 ÷	Gypse.
		aluminiques . .		?	Webstérite.
				?	Alunogène.
				4 ÷	Alunite.
				1 ÷	Alun potassique.
					Alun sodique.
					Alun ammonique.
		magnésiques . .		3 ÷	Epsomite.
		sodiques . . .		5 ÷	Exanthalose.
		ammoniques . .		1 ÷	Mascagnine.

Le **soufre** à l'état de sulfure, de sulfosels et de sulfate, entre encore dans la composition d'un grand nombre d'autres minéraux que nous avons indiqués dans les tableaux des argentides, des mercurides, des cuprides, des uranides, des bismuthides, des stannides, des plombides, des zincides, des nickélides, des cobaltides, des ferrides, des manganides, des antimonides, des molybdides, des arsénides et des silicides.

Le **soufre** à l'état simple se trouve principalement dans les filons cristallins, mais une grande partie du soufre que l'on emploie dans les arts est obtenu par la décomposition des sulfures métalliques.

L'**acide sulfhydrique** est un gaz extrêmement délétère; il s'en dégage dans les phénomènes volcaniques, dans les tremblements de terre et dans les lieux où il y a des matières organiques en décomposition.

L'**acide sulfureux** est aussi un gaz qui se dégage de l'intérieur de la terre dans les contrées volcaniques.

L'**acide sulfurique** ne devrait peut-être pas figurer dans la série des minéraux, car on ne le rencontre que mêlé avec de l'eau dans certaines contrées volcaniques.

L'**alun** ne se trouve naturellement qu'à l'état d'efflorescences ou d'enduit sur les roches qui en contiennent les éléments. Celui que l'on emploie dans les arts est préparé artificiellement.

Nous parlerons des autres sulfates les plus importants au chapitre suivant.

9e *Famille*. — **Nitrides.**

1er *Genre*.	Nitrides	simples.			Nitrogène.
2e —	—	oxydés.		?	Air.
3e —	—	nitratés	potassiques	3 ÷	Salpêtre.
			sodiques	4 †	Nitratine.
			calciques	4 ÷	Nitrocalcite.

Quoique le nitrogène soit un corps très répandu dans la nature, il n'entre dans la composition que d'un très petit nombre de combinaisons naturelles, et il n'y a à ajouter aux cinq espèces ci-dessus que la mascagnine et l'alun ammonique dans lesquels le nitrogène entre comme élément de l'ammoniaque.

Le **nitrogène** ou *azote*, considéré comme pur, est très rare; c'est un gaz incolore qui n'entretient ni la combustion ni la respiration et qui s'échappe de fentes qui se trouvent dans les terrains volcaniques.

L'**air** ou *azote oxygénifère* est aussi un gaz permanent dont la compo-

sition normale paraît être de 0.78 de nitrogène et de 0.22 d'oxygène. On considère souvent ces deux corps comme étant plutôt à l'état de mélange qu'à celui de combinaison ; mais la manière dont ils se maintiennent, ou plutôt dont ils se rétablissent dans les proportions ci-dessus, dans les lieux où une partie de l'oxygène est continuellement absorbée par la combustion et la respiration, annonce que ces proportions sont le résultat d'une loi qui a beaucoup de rapport avec celle des combinaisons. L'air contient presque toujours aussi un peu de vapeur d'eau et d'acide carbonique, mais dans des quantités qui varient selon les lieux et les circonstances, et que l'on évalue moyennement à un centième pour la première et à un millième pour le second. On sait que l'air a la propriété d'entretenir la combustion et la respiration, mais seulement dans la proportion de l'oxygène qu'il renferme, ces propriétés cessant après l'absorption de ce principe.

Les **nitrates** sont des sels solubles dans l'eau, sapides, fusant sur le charbon ; le plus commun est le *salpêtre*, qui effleurit à la surface des murailles et des roches imprégnées de matières animales, principalement dans les étables, les écuries, les caves et autres lieux habités humides. On le recueille par le lavage pour fabriquer la poudre et pour en extraire de l'acide nitrique. On l'emploie aussi en médecine comme diurétique.

10e *Famille*. — **Hydrides.**

1er *Genre*. Hydrides simples	Hydrogène.	
2e — — oxydés	Eau	douce. salée. minérale.

L'hydrogène est, comme le nitrogène, un corps très répandu dans la nature et qui, de même, ne se combine qu'avec un très petit nombre d'autres corps, mais dont la combinaison avec l'oxygène, c'est à dire l'eau, entre, ainsi qu'on l'a vu par les tableaux précédents, dans la composition d'un grand nombre de minéraux.

L'**hydrogène** ou *air inflammable* est un gaz très léger et éminemment inflammable, qui ne devrait peut-être pas figurer dans cette série, car il n'est pas certain qu'il se rencontre naturellement pur, étant presque toujours mélangé de carbure d'hydrogène et se confondant ainsi avec le grisou, dont il sera parlé ci-après.

L'**eau** est, au contraire, une des combinaisons les plus abondantes de la nature et se présente sous les états liquide, solide et gazeux ; dans ce dernier cas, on lui donne le nom de *vapeur*, tandis que l'eau solide est

appelée *glace* ou *neige*, selon sa texture. L'eau considérée dans son état normal est composée de 0.889 d'oxygène et de 0.111 d'hydrogène; mais elle est ordinairement mélangée de matières étrangères. La vapeur, la neige et la glace sont plus pures, parce que les matières étrangères se séparent de l'eau lorsqu'elle se vaporise ou se solidifie. La congélation de l'eau a lieu à quelques degrés au-dessous du zéro du thermomètre, et sa liquéfaction n'a lieu qu'au-dessus de ce zéro. Quand la congélation est complète, la glace présente une masse compacte; mais quand elle commence, la glace forme des prismes hexaèdres qui paraissent dérivés d'un rhomboèdre. On peut diviser les eaux en trois modifications principales, que l'on désigne par les dénominations fort impropres d'*eau douce*, d'*eau salée* et d'*eau minérale*.

L'**eau douce** n'a ni les saveurs salée, amère, alcaline, métallique ou acide, ni l'odeur hépatique qui caractérise les autres eaux. On peut y distinguer l'*eau de pluie*, l'*eau de neige*, l'*eau de fontaine*, l'*eau de puits*, l'*eau de rivière*, l'*eau de marais*. Les deux premières sont les plus pures et ne contiennent ordinairement d'autres principes étrangers que de l'air. L'*eau de fontaine* et l'*eau de puits* tiennent presque toujours en dissolution quelques matières étrangères, notamment de l'acide carbonique et du carbonate calcique, dans des proportions qui varient selon les lieux et la nature du sol. Ces principes se retrouvent aussi, mais en plus petite quantité, dans l'*eau de rivière*, qui contient ordinairement en suspension des matières terreuses qui troublent sa limpidité. Quant à l'*eau de marais*, elle est ordinairement chargée de débris de matières organiques qui lui donnent une teinte noirâtre, quelquefois rougeâtre.

L'**eau salée** doit son nom à la saveur que lui communique le chlorure sodique ou selmarin qui s'y trouve en dissolution. On peut y distinguer l'*eau de mer* et l'*eau des sources salées*.

L'*eau de mer* contient, outre le chlorure sodique, des chlorures calcique et magnésique, du sulfate calcique, ainsi que de très petites quantités de bromures et d'iodures sodiques et magnésiques. On y a aussi reconnu de l'acide carbonique, du carbonate calcique, du sulfate potassique, etc.; elle a une saveur amère que l'on attribue au chlorure magnésique, et sur les côtes elle a une odeur désagréable qui vient probablement des débris de matières organiques qu'elle contient. La salure de l'eau de mer varie selon les localités, elle est plus considérable dans la pleine mer que dans les golfes ou dans les mers intérieures qui reçoivent des cours d'eau douce, aussi sa densité varie de 1.0285 à 1.0006.

L'*eau des sources salées* a beaucoup de rapports avec l'eau de mer, mais elle a une composition beaucoup plus variée, chaque source présen-

tant pour ainsi dire des différences sous le rapport de la quantité et sous celui de la nature des matières qui sont dissoutes dans l'eau. Il y a de ces eaux qui contiennent jusqu'à vingt centièmes de leur poids en sels, mais on considère encore comme sources salées des eaux qui n'en contiennent que deux centièmes et on en extrait du sel.

Les **eaux minérales**, que l'on a proposé d'appeler *eaux médicinales*, parce que l'on en fait usage en médecine, se distinguent des eaux douces, parce qu'elles ont une saveur et une odeur plus prononcée, et des eaux salées, parce que ce n'est pas au chlorure sodique qu'elles doivent leur saveur principale. On y distingue trois groupes que l'on désigne par les dénominations d'*eaux salines*, *acidules* et *sulfureuses*. On les divise aussi en *eaux froides* et en *eaux chaudes* ou *thermales*, selon que leur température est analogue ou supérieure à celle des sources ordinaires

Les *eaux salines* ne diffèrent pour ainsi dire des sources salées que parce que le chlorure sodique n'y a pas la même prédominance sur les autres sels.

Les *eaux acidules* doivent leur dénomination à un excès d'acide carbonique qui souvent leur communique une saveur agréable ; mais elles contiennent en outre la plupart des sels que l'on trouve dans les eaux salines. Beaucoup d'entre elles contiennent du carbonate ferrique et alors on leur donne l'épithète de *ferrugineuses*.

Les *eaux sulfureuses* doivent leur dénomination et leurs propriétés particulières à la présence de l'acide sulfhydrique qui leur donne une odeur plus ou moins forte. On y trouve aussi plusieurs sels et, à ce qu'il paraît, des sulfures alcalins. Ces eaux sont presque toujours thermales et atteignent quelquefois la température de l'eau bouillante.

11e *Famille*. — **Carbonides.**

Substances susceptibles de donner de l'acide carbonique par la combustion ou par l'action des acides les plus forts, ou étant de l'acide carbonique, corps qui a la propriété de précipiter l'eau de chaux.

1er *Genre*.	Carbonides	simples	1 ÷	Diamant.
			?	Graphite.
2e —	—	hydriques	?	Grisou.
3e —	—	oxydes		Acide carbonique.
4e —	— carbonatés	magnésiques	4 ÷	Giobertite.
		magnésio-calciques	4 ÷	Dolomie.
		calciques	4 ÷	Calcaire.
			3 ÷	Aragonite.
		strontiques	3 ÷	Strontianite.
		barytiques	3 ÷	Withérite.
		baryto-calciques	5 ÷	Barytocalcite.

5ᵉ *Genre*. Carbonides carbonato-hydratés.	calcio-sodiques . . .	5 ÷	Gay-lussite.
	sodiques	5 †	Natron.
		5 ÷	Urao.
6ᵉ *Genre*. Carbonides mellatés		2 ÷	Mellite.
7ᵉ *Genre*. Carbonides homobiaires	résineux	?	Succin.
		?	Succinite.
		?	Rétinasphalte.
		?	Middlestonite.
	cireux.	?	Ozokérite.
		?	Scheerérite.
		?	Hatchétine.
	bitumineux	?	Naphte.
		?	Petrole.
		?	Malthe.
		?	Asphalte.
		?	Elatérite.
	charbonneux	?	Anthracite.
		?	Houille.
		?	Lignite.
		?	Tourbe.
	fumiéreux	?	Terreau.
		?	Dusodyle.
		?	Guano.

Nous avons aussi indiqué plusieurs autres carbonates dans les familles des cuprides, des bismuthides, des plombides, des zincides, des ferrides, des manganides et des cérides.

Le **diamant** est le plus dur et le plus éclatant des minéraux; aussi est-il la plus recherchée des pierres précieuses; il est ordinairement limpide, mais il prend quelquefois des teintes jaunâtres, verdâtres, rosâtres, brunâtres ou noirâtres. Il se trouve le plus souvent en grains ou en cristaux très petits, et alors son prix n'est pas très élevé. Outre son emploi dans la joaillerie, le diamant sert à couper le verre, ainsi qu'à percer les pierres dures ou à y graver des dessins.

Le **graphite** ou *plombagine* est remarquable par son éclat métallique et sa couleur gris de fer. Il forme des veines, des rognons et des filons à texture compacte ou feuilletée. Il sert à faire des crayons improprement nommés *mine de plomb;* on l'emploie aussi pour adoucir le frottement des machines en bois et pour préserver de la rouille les poêles et autres objets en fonte.

Le **grisou** ou *hydrogène carboné* est un gaz plus léger que l'air. Il est principalement composé de carbure tétrahydrique souvent mélangé de carbure dihydrique. Il s'enflamme à l'approche d'un corps en combustion et détone fortement lorsqu'il est mélangé d'air. Il se dégage de l'intérieur de la terre par des fentes, il se produit principalement dans les mines de charbon où son inflammation accidentelle occasionne quelquefois de grands désastres. Dans quelques localités on se sert du grisou naturel, soit pour l'éclairage, soit pour cuire des aliments; mais

le grisou employé pour l'éclairage des villes et des manufactures est fabriqué artificiellement.

L'**acide carbonique** est également un gaz incolore qui se dégage de l'intérieur de la terre, soit d'une manière lente et insensible, soit, dans quelques localités, assez abondamment pour former un courant qui asphyxie les animaux. Comme il est plus pesant que l'air, il s'accumule dans les anciens travaux de mines ou dans les puits abandonnés; mais quand il est en communication avec l'air, il finit par se répandre dans se dernier qui en contient toujours un peu, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Les **carbonates** sont des substances solides, solubles dans les acides, soit à froid, soit à chaud, en dégageant du gaz acide carbonique avec une effervescence plus ou moins vive. Nous aurons l'occasion de faire connaître les principales de ces substances dans le chapitre des Roches, de sorte que nous ferons seulement remarquer ici que les carbonates calciques présentent un des exemples les plus remarquables de dimorphisme, car l'*arragonite* a la même composition que le *calcaire*, et cependant elle cristallise dans un système différent; elle est aussi plus pesante et plus dure.

Nous désignons par le nom d'**homobiaires** des substances qui par leur composition ont plus de rapports avec les produits de la vie qu'avec les véritables minéraux; aussi la plupart de ces substances sont-elles des restes de corps organisés, et ne sont-elles admises dans le règne minéral que parce que leur mode de gisement est analogue à celui des minéraux proprement dits, c'est à dire d'origine inorganique. On peut y distinguer cinq divisions qui rappellent respectivement les résines, les cires, les huiles, les charbons et les fumiers du règne organique.

Les **résines** minérales se fondent au dessous de la chaleur rouge sombre en dégageant une odeur aromatique. Leur pesanteur spécifique est au dessous de 1.7, leur éclat est résineux, leur couleur jaunâtre ou brunâtre. La plus remarquable de ces substances est le *succin*, aussi nommé *ambre jaune*, *karabé*, *bernstein*. Il est susceptible de prendre le poli et on en fait des ornements, des chapelets, des manches de couteaux et d'autres instruments.

Les **cires** minérales se fondent avec autant de facilité que la cire ordinaire. Leur pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. Elles ont l'éclat gras ou nacré; leur couleur est le blanchâtre, le jaunâtre, le brunâtre et le verdâtre. Ces substances sont généralement rares et se trouvent en petites quantités; cependant l'*ozokérite* est assez abondante en Moldavie pour qu'on l'y emploie aux usages domestiques.

Les **bitumes** ou *huiles minérales* dégagent une odeur dite bitumineuse, soit dans leur état ordinaire, soit par la combustion ; ils sont plus légers que l'eau et varient par leur consistance et par leur couleur. Ainsi le *naphte* est un liquide incolore qui entre en ébullition à la température de 85°, s'enflamme avant que le corps en combustion l'ait touché, et qui se rapproche beaucoup du grisou par sa composition. Le *pétrole* est aussi liquide, mais moins volatil ; sa couleur est le brun jaunâtre. Il paraît être composé de naphte mêlé avec une matière que M. Boussingault nomme pétrolène et qui est une combinaison de 0.885 de carbone et de 0.115 d'hydrogène. Le *malthe* est à l'état visqueux ou glutineux, de couleur noirâtre et renferme, outre la pétrolène, une matière que M. Boussingault nomme asphaltène, laquelle contient de l'oxygène et un peu plus de carbone que la pétrolène. L'*asphalte* est à l'état solide sous la température ordinaire, et paraît presque entièrement composé d'asphaltène. L'*élatérite*, qui est une matière très rare, jouit d'une certaine élasticité d'où on l'appelle aussi *caoutchouc fossile*. Les bitumes liquides sortent de l'intérieur de la terre comme les sources d'eau. Le malthe sort également des fentes des rochers, l'asphalte se trouve en fragments flottants sur le lac Asphaltite ; on dit qu'il forme un amas puissant à Coxitambo près de Cuenca au Pérou, mais la plus grande partie du bitume que l'on emploie en Europe est extrait, par la distillation, des roches qui en sont imprégnées ; on en fait notamment des dalles et des tuyaux de conduite après l'avoir mêlé avec du sable, du gravier et du calcaire réduit en poudre ; on en imprègne les toiles qui servent de toiture et les cordages exposés à l'humidité. Le malthe sert à graisser les voitures, et les bitumes liquides sont employés à l'éclairage, à la fabrication des vernis, etc.

Nous parlerons des **charbons** au chapitre des roches.

Quant aux **fumiers**, ce sont des matières très peu abondantes qui ont encore moins de titre que les espèces précédentes pour figurer dans la série des minéraux. Ils dégagent, lorsqu'on les brûle, une odeur fétide qui rappelle celle des matières animales. Le *terreau* est assez répandu, mais ne se trouve qu'en petite quantité, et se rencontre principalement dans des cavernes, dans des fentes de rochers et dans des dépôts superficiels. Il est très favorable à la végétation, mais quand il est exposé à l'air, une partie de ses principes se décompose comme celle des matières animales en putréfaction. Le *dusodyle* (*stercus diaboli*) est une matière en feuillets minces comme du papier que l'on trouve à Melili en Sicile. Le *guano* forme des dépôts superficiels, mais très épais, dans les petites îles voisines du Pérou, d'où on l'exporte jusqu'en Europe

pour servir d'engrais. La composition de cette matière ressemble à celle des excréments des oiseaux.

12e *Famille.* — **Oxydes.**

L'oxygène est non seulement le plus répandu des corps de la nature, mais on a vu par les tableaux précédents qu'il entre dans la composition de plus des trois quarts des espèces minérales et qu'il se trouve combiné avec la plus grande partie des autres corps simples. Cette circonstance et d'autres considérations nous ont porté à inscrire tous les minéraux oxydés dans les familles qui tirent leur dénomination des autres éléments, et comme l'oxygène n'a point encore été trouvé à l'état pur, nous n'avons aucune espèce à inscrire ici.

CHAPITRE III.

DES ROCHES CONSIDÉRÉES MINÉRALOGIQUEMENT.

Définition des roches. Nous avons dit ci-dessus (p. 73) que l'on entendait par *roche* tout minéral ou tout mélange de minéraux qui se trouve dans l'écorce solide du globe, en masses assez considérables pour être prises en considération dans l'étude générale de cette écorce.

On voit par cette définition que les **propriétés physiques des roches** et la plupart de leurs propriétés chimiques doivent être les mêmes que celles des minéraux, de sorte que, tout en renvoyant à ce qui a été dit sur cette matière dans le chapitre 1[er], nous nous bornerons à ajouter ici quelques détails sur la composition et la classification des roches en général et sur les caractères particuliers des principales modifications.

Composition des roches. De même que l'on ne trouve dans la nature qu'un nombre d'espèces minérales beaucoup moindre que celui dont la quantité de corps simples ou *éléments chimiques* permet de supposer l'existence, le nombre des roches est aussi infiniment moindre que celui que l'on pourrait supposer théoriquement, d'après la quantité de leurs *éléments minéralogiques*, c'est à dire d'espèces minérales. En effet, il y a très peu de ces dernières qui forment seules des masses assez importantes pour être considérées comme roches, et leurs mélanges ne sont pas non plus en très grande quantité. Parmi ces mélanges, les uns se distinguent par leur constance et leur abondance dans la nature, ainsi

que par l'ensemble de propriétés nouvelles qu'ils donnent aux masses qui en résultent; les autres sont moins constants, et ne consistent souvent que dans la présence d'une petite quantité de certains minéraux qui se joignent à des quantités plus considérables, soit d'un autre minéral simple, soit d'un mélange de la première catégorie, sans changer considérablement les propriétés de la masse principale. On désigne par le nom de *parties accidentelles* les minéraux qui s'introduisent de cette manière dans une masse d'autre nature, et on donne à celle-ci le nom de *base* ou de *parties essentielles*. On voit, par ce qui précède, que les *bases* des roches sont tantôt *simples*, tantôt *mélangées*; et d'après ce que nous avons dit de la manière dont les minéraux se mélangent entre eux, on sent que les éléments des bases mélangées sont quelquefois unis plus ou moins *intimement*, et que, d'autres fois, leur association est telle qu'ils peuvent être séparés *mécaniquement*. De sorte que les roches, considérées sous le rapport de leur composition minéralogique, forment trois catégories principales; savoir : les *roches à base simple* ou *homogène*, dont la partie essentielle est une des substances qui figurent dans la série des espèces minérales; les *roches à base d'apparence simple* ou *à base mélangée adélogène*, dont les parties essentielles sont formées par le mélange, plus ou moins intime, mais non reconnaissable à l'œil nu, de minéraux différents; et les *roches à base mélangée phanérogène*, dont les parties essentielles sont composées d'éléments qui se distinguent à la vue simple. Mais il est impossible de tirer une ligne de démarcation bien nette entre ces diverses catégories; car nous avons vu que la minéralogie n'était pas encore à même de distinguer nettement les substances qui doivent être considérées comme de véritables combinaisons chimiques, ou comme des mélanges intimes; et, d'un autre côté, ces mélanges passent à ceux dont les parties sont distinctes, par une série de nuances plus difficiles encore à apprécier, puisque l'on ne peut, à cet égard, s'appuyer sur l'analyse chimique, ni sur la théorie atomique.

Classification des roches. On voit, par ces notions sur la composition des roches, qu'il est impossible, du moins dans l'état actuel de la science, de trouver une considération scientifique sur laquelle on pourrait fonder l'établissement des *espèces des roches*. Aussi se ferait-on une idée fausse de ce que l'on entend par ce nom, si l'on voulait y voir une chose déterminée sur des bases rationnelles analogues à celles qui servent à distinguer les espèces d'animaux, de plantes et de minéraux; ce qui a fait dire à Haüy que *les roches sont les incommensurables du règne minéral*.

On peut cependant considérer chaque base particulière comme don-

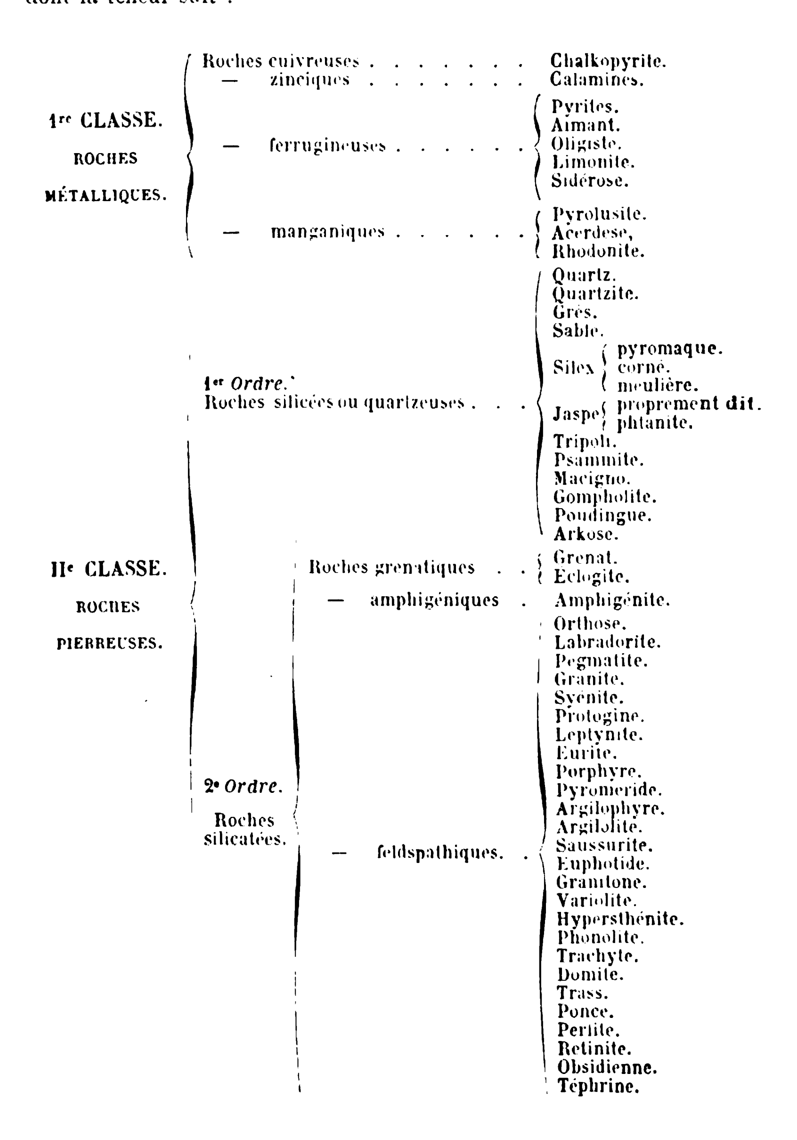
nant naissance à une espèce de roche, et chaque modification accidentelle de cette base comme donnant naissance à une *variété;* c'est à dire que chaque espèce est censée se subdiviser en autant de variétés que la composition essentielle, considérée comme constituant l'espèce, présente de modifications différentes résultant, soit de ses propriétés minéralogiques particulières, soit du mélange des principes étrangers que l'on considère comme parties accidentelles. Mais, quoique les associations de minéraux soient, ainsi qu'on vient de le dire, infiniment moins nombreuses que la quantité des éléments permet de le supposer, leur nombre est encore très considérable, et même, si l'on a égard aux associations peu constantes ou aux modifications qui résultent du passage d'un mélange à un autre, il est si considérable, que les naturalistes, au lieu de donner des noms à toutes les modifications qui se présentaient sous leurs yeux, ont toujours dû se borner à choisir, dans une longue série, les termes qui leur paraissaient les plus remarquables; mais ce choix ayant été souvent l'effet du hasard et non pas d'un système raisonné, il en résulte que telle roche que l'on admet à figurer dans les méthodes comme espèce est moins importante et moins caractérisée que telle autre que l'on est dans l'habitude de considérer comme variété ou comme sous-variété.

Quant au groupement des espèces en *genres*, nous avons cru devoir le tirer de la circonstance que plusieurs espèces de roches se rapprochent ordinairement d'une même espèce minérale qui peut en être considérée comme un des éléments essentiels le plus important, et qui, par conséquent, peut servir à désigner le genre; mais il a fallu faire plusieurs exceptions à cette règle, ainsi qu'on le verra dans les descriptions particulières.

Les genres de minéraux se présentaient ensuite naturellement pour réunir les genres de roches en *ordres*, et on pouvait enfin se servir des classes de minéraux pour faire des *classes* de roches; mais ces deux rangs de division ont l'inconvénient d'être extrêmement inégaux, attendu que le genre des silicates et la classe des kouphylites servent de base à un nombre de roches beaucoup plus considérable que celui des autres divisions correspondantes; aussi, pour diminuer un peu cet inconvénient, avons-nous soustrait de la classe des kouphylites la petite division des minéraux composés à la manière des corps organiques, et en avons-nous formé une troisième petite classe qui se distingue par la propriété qu'ont les *roches* qui la composent d'être employées comme *combustibles*. D'un autre côté, comme les autres roches de la grande classe des kouphylites sont, à très peu d'exceptions près, employées comme matériaux de

constructions ou matières *pierreuses*, et que l'on se sert des roches de la classe des métallites pour en extraire des matières *métalliques*, nous avons cru pouvoir tirer parti de ces trois circonstances pour désigner les trois classes.

L'application de ces principes nous donne le **tableau des roches** dont la teneur suit :



Classe	Ordre	Roches	Espèces
1re CLASSE. ROCHES MÉTALLIQUES.		Roches cuivreuses	Chalkopyrite.
		— zinciques	Calamines.
		— ferrugineuses	Pyrites. Aimant. Oligiste. Limonite. Sidérose.
		— manganiques	Pyrolusite. Acerdèse. Rhodonite.
IIe CLASSE. ROCHES PIERREUSES.	1er *Ordre.*	Roches silicées ou quartzeuses	Quartz. Quartzite. Grès. Sable. Silex (pyromaque, corné, meulière). Jaspe (proprement dit, phtanite). Tripoli. Psammite. Macigno. Gompholite. Poudingue. Arkose.
	2e *Ordre.* Roches silicatées.	Roches grenatiques	Grenat. Eclogite.
		— amphigéniques	Amphigénite.
		— feldspathiques	Orthose. Labradorite. Pegmatite. Granite. Syénite. Protogine. Leptynite. Eurite. Porphyre. Pyroméride. Argilophyre. Argilolite. Saussurite. Euphotide. Granitone. Variolite. Hypersthénite. Phonolite. Trachyte. Domite. Trass. Ponce. Perlite. Retinite. Obsidienne. Téphrine.

IIe CLASSE. ROCHES PIERREUSES. (*suite.*)

- **2e *Ordre*. Roches silicatées (*suite*).**
  - Roches amphiboliques. . Hornblende. Diorite. Aphanite. Hémithrène.
  - — pyroxéniques. . Lherzolite. Dolérite. Mélaphyre. Trapp. Basalte. Spilite. Vake. Pépérine.
  - — micaciques. . . Micaschiste. Gneiss. Fraidronite. Kersanton.
  - — chloritiques . . Chlorite.
  - — talqueuses . . . Stéachiste. Ophiolite. Magnésite. Klebschiefer.
  - — schisteuses . . . Phyllade. Coticule. Schiste. Ampélite { alunifère. graphique. } Calschiste. Porcellanite. Pséphite.
  - — argileuses . . . Argile. Smectite Limon. Marne. Ocre. Sanguine. Argilite. Kaolin.
- **3e *Ordre*.** Roches fluorurées . . . Fluorine.
- **4e *Ordre*.** Roches chlorurées . . . Selmarin.
- **5e *Ordre*. Roches sulfatées.**
  - Roches aluniques . . . Alunite.
  - — barytiques . . . Barytine.
  - — gypseuses . . . Karsténite. Gypse.
- **6e *Ordre*. Roches carbonatées.**
  - — calcareuses. . . Calcaire. Cipolin. Ophicalce. Dolomie.
  - — giobertiques . . Giobertite.

IIIe CLASSE. — ROCHES COMBUSTIBLES OU CHARBONNEUSES. . . . . Anthracite. Houille. Lignite. Tourbe.

Nous allons maintenant faire connaître d'une manière succincte les principales propriétés de chacune de ces divisions, sans répéter toutefois les caractères qui ont déjà été indiqués en tête des familles minéralogiques.

PREMIÈRE CLASSE. — ROCHES MÉTALLIQUES.

Nous entendons, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, par roches métalliques celles dont l'élément principal est un minéral de la classe des métallites. Ces roches sont peu développées, elles forment plus communément des filons et des amas que des couches, et sont en général exploitées comme minérais métalliques. Elles sont souvent plus ou moins mélangées, mais ces mélanges ne sont ni assez constants ni assez développés pour figurer dans la série des roches. Il y a d'ailleurs très peu d'espèces de métallites qui soient assez abondantes pour pouvoir être admises dans cette série.

1er *Genre.* — **Roches cuivreuses.**

C'est ainsi que, dans le genre des roches cuivreuses ou minerais de cuivre, nous n'avons inscrit que la **chalkopyrite** ou *cuivre pyriteux*, et encore c'est principalement à cause de son importance industrielle, car il y a dans la nature beaucoup d'autres combinaisons qui sont aussi abondantes que ce minerai et qui ne figurent point parmi les roches. Cette substance est composée de sulfure de cuivre et de sulfure de fer. Elle est fusible au chalumeau en globule attirable à l'aimant. Sa couleur est le jaune de laiton, son éclat métallique; elle pèse 4.16, cède aisément à la lime et est cassante. C'est le principal minerai de cuivre.

2e *Genre.* — **Roches ferrugineuses.**

Il y a aussi très peu des nombreuses substances contenant du fer que l'on fasse figurer comme roches ferrugineuses; on pourrait même contester ce droit aux **pyrites** ou *sulfures de fer*, car, quoique très répandues dans la nature, elles y forment rarement des filons ou des amas entiers, et se trouvent le plus ordinairement en cristaux et en

fragments disséminés dans d'autres substances. Les pyrites ont l'éclat métallique et une couleur jaune qui varie selon les espèces. Cette couleur est d'un jaune vif dans la *marcassite* ou *pyrite jaune* qui se distingue aussi par son inaltérabilité à l'air; elle est d'un jaune pâle dans la *sperkise* ou *pyrite blanche*, qui se décompose lorsqu'elle est exposée à l'air; enfin elle est d'un jaune brunâtre dans la *leberkise* ou *pyrite magnétique*, qui jouit de la propriété magnétique. Les pyrites sont exploitées pour en retirer du soufre ou pour préparer de la couperose; il y en a d'*aurifères*, et alors on les exploite pour en retirer l'or. La marcassite est quelquefois employée dans la joaillerie.

L'**aimant** (*fer oxydulé*, *magneteisenstein*) se distingue souvent par la propriété de jouir de la polarité magnétique; il se trouve en petits cristaux octaèdres dans beaucoup de roches et forme quelquefois des amas très considérables que l'on exploite comme minerais et qui donnent un fer d'excellente qualité. La Suède en renferme des mines extrêmement riches.

L'**oligiste** est aussi un minerai de fer très recherché, du moins l'*oligiste spéculaire* qui a l'éclat métallique, dont la couleur est le gris de fer, et dont une des mines les plus célèbres est celle de l'île d'Elbe où il forme un amas considérable. Quand à l'*oligiste rouge* (*hématite rouge*, *eisenrahm*), il est beaucoup plus commun, et forme non seulement des filons puissants, mais aussi des couches très développées. Le fer qu'il donne n'est pas aussi généralement de bonne qualité que celui que l'on retire de l'aimant et de l'oligiste spéculaire. Les variétés dures, qui sont ordinairement les plus brunes, sont celles qui donnent le meilleur fer, tandis que les variétés friables donnent communément du fer cassant.

La **limonite** (*hématite brune*, *brauneisenstein*, *Bohnerz*, etc.) est le minerai de fer le plus généralement répandu; elle est ordinairement de couleur brune ou jaunâtre et devient rouge par la calcination. Elle se présente le plus ordinairement en concrétions ou en fragments et forme des filons, des amas, quelquefois des couches; la qualité des fers qu'elle produit diffère selon les variétés et les localités.

Le **sidérose** est tantôt à l'état de filons cristallins (*fer spathique*), et alors il ressemble au calcaire, est très facile à traiter et donne immédiatement du fer malléable, d'où on l'appelle *mine d'acier;* d'autres fois il est terreux ou compacte, forme des couches ou des amas très mélangés de matières étrangères, principalement d'argile, et donne des fers de qualités médiocres.

verdâtre, bleuâtre, noirâtre, etc., unies ou bigarrées. Le quartzite renferme un grand nombre de minéraux différents, mais la plupart de ces associations qui sont remarquables par leur constance forment des espèces particulières. Nous citerons cependant ici le *quarzite talqueux*, le *quartzite micacé*, dont une sous-variété a été nommée *itacolumite* ou *grès flexible*; le *quartzite sidérocriste* (*itabirite*, *eisenglimmerschiefer*), formé de quartz et d'oligiste spéculaire. Ces deux dernières variétés forment au Brésil des montagnes entières qui recèlent des minerais d'or, d'étain, de fer, etc. On pourrait citer le *quartzite rouge* et le *quartzite brun* comme des mélanges de quartz avec la sanguine et la limonite. Le quartzite est employé comme pierre à bâtir, comme pavé, comme pierre à aiguiser, etc.

Le **grès** (*pierre de sable*, *sandstein*, *sandstone*) est une roche à base de quartz à texture grésiforme, formant des couches, des amas et des fragments de couleurs blanche, grise, jaune, rouge, etc., unies ou bigarrées. On donne le nom de *grès lustré* à une roche à cassure conique, luisante, dont la texture est presque compacte, mais dans laquelle, lorsqu'on la regarde à travers une lame mince, on aperçoit des grains séparés, enveloppés dans une pâte compacte. On appelle *grès ferrugineux* un grès de couleur brune qui est mélangé de beaucoup de limonite; *grès chlorité*, celui qui renferme de la chlorite : il est ordinairement de couleur verte ou pointillé de vert. Il existe aussi des *grès micacés*, des *grès calcarifères*, etc. Le grès est très abondant dans la nature; on l'emploie comme pierre à bâtir, mais il est surtout recherché pour faire des pavés.

Le **sable** est une roche à base de quartz à l'état arénacé, variant par la grosseur de ses grains, formant des couches, des amas et des filons de couleur blanche, lorsqu'il est pur. Le *sable* est quelquefois *ferrugineux*, et alors ses couleurs sont le jaune ou le brunâtre s'il est associé à la limonite, et le rouge, s'il est coloré par de l'oligiste; d'autres fois il est *chlorité* et alors il est vert ou mélangé de grains verts ou noirâtre. Il y a aussi des sables *argileux*, *micacé*, *ménakanitifère*, etc. (1).

Le sable est très abondant dans la nature. On l'emploie pour faire des mortiers, ainsi que pour la fabrication du verre, des poteries, etc.

(1) Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer ici que je restreins le nom de *sable* à une substance quartzeuse, ou du moins dans laquelle le quartz domine, et que je pense que l'on ne doit pas dire *sable calcaire*, *sable ferrugineux*, pour désigner du calcaire ou du minerai de fer en très petits grains; mais, de même que nous disons *syénite zirconienne* pour désigner la syénite qui contient du zircon, le *sable ferrugineux* est pour moi un assemblage de petits grains de quartz mélangé avec une substance ferrugineuse. Mais, quand je voudrai indiquer que du calcaire ou de la ménakanite se trouve dans un état analogue à celui du sable, je dirai *calcaire arénacé*, *ménakanite arénacée*.

Les silex n'ont pas l'aspect vitreux des roches quartzeuses dont nous venons de parler; ils sont ordinairement plus durs et plus tenaces, ils se présentent plus communément en rognons et en blocs qu'en couches ou en filons. On peut y distinguer trois sous-espèces savoir : Le *pyromaque* (*pierre à fusil*, *pierre à briquet*, *flint*) dont la texture est compacte, la cassure conchoïde, qui se brise facilement en fragments à bords tranchants et dont les couleurs sont ordinairement le noir grisâtre, le gris et dont les couleurs sont ordinairement le noir grisâtre, le gris et le blond. Le *silex corné* (*hornstein*, *quartz-agate grossier*) dont la texture est compacte ou grenue, la cassure droite ou imparfaitement conchoïde et écailleuse, les couleurs ordinairement pâles, telles que blanchâtre, gris rougeâtre, gris jaunâtre, gris bleuâtre. La *meulière* (*pierre à meule*, *quartz-agate molaire*) qui se distingue par sa texture plus ou moins celluleuse. Quelquefois les cavités sont si rapprochées et séparées par des lames si minces qu'elles rappellent le tissu réticulaire des os; d'autres fois ces cavités sont plus considérables et plus éloignées les unes des autres, et les parties intermédiaires ressemblent au silex corné. Cette substance a une tendance toute particulière à se présenter en fragments anguleux enfoncés dans de l'argile.

Le jaspe est opaque et n'a point l'aspect vitreux des quartz proprement dits ni la faible translucidité des silex; il a une grande tendance à passer à ces derniers ainsi qu'au quartz proprement dit, à la limonite et à d'autres substances. On y distingue le *jaspe proprement dit* qui a des couleurs variées et qui est quelquefois employé comme pierre d'ornement, et le *phtanite* (*kieselschiefer*) qui a ordinairement la texture schistoïde, la couleur noirâtre passant au grisâtre. Il forme des couches et des rognons et se trouve, comme les meulières, en fragments anguleux enfouis dans de l'argile.

Le tripoli (*trippel*) est une roche à base d'apparence simple, composée presque entièrement de silice, infusible. Il forme des masses à texture grenue, à grain très fin, presque compacte, souvent schistoïde; il est friable, quelquefois pulvérulent; sa poussière est âpre au toucher, son aspect est terne, ses couleurs sont le jaunâtre, le grisâtre, le blanchâtre, le rougeâtre.

L'examen au microscope de la plus grande partie des tripolis a fait reconnaître à M. Ehrenberg qu'ils étaient composés de carapaces d'animaux infusoires. Du reste, le nom de tripoli étant appliqué par les ouvriers à une matière qui a la propriété de donner un beau poli aux pierres et aux métaux, il paraît que l'on confond sous cette dénomination des substances de nature et d'origine différentes.

Le **poudingue** (1) est une roche à base composée de fragments de substances quartzeuses, réunis, soit sans ciment visible, soit par un ciment quartzeux ou quartzo-argileux non calcarifère. Il forme des couches, des amas, des filons et des blocs à texture ordinairement poudingiforme, quelquefois bréchiforme; il présente divers degrés de cohérence; ses couleurs sont le rougeâtre, le brunâtre, le grisâtre, le blanchâtre, etc., quelquefois unies, souvent bigarrées. Les poudingues sont très abondants dans la nature, et sont employés dans les constructions, notamment pour les ouvrages de fourneaux, quelquefois comme pierre meulière.

Le **psammite** (*grès argileux*, *grès des houillères*) est une roche à base composée de grès et d'argile; il forme des couches, des amas, peut-être des filons, à texture grésiforme ou schisto-grésiforme. Il est tenace ou friable, quelquefois meuble; ses couleurs sont le rougeâtre, le grisâtre, le jaunâtre, le verdâtre, le brunâtre, le noirâtre, le blanchâtre, etc., unies ou bigarrées. Le *psammite* est souvent *micacé*, d'autres fois *charbonneux*, *maclifère*, etc. Il est extrêmement abondant dans la nature. On l'emploie comme pierre à bâtir, pierre à paver; pierre à aiguiser, etc.

Le **macigno** (*grès argilo-calcarifère*) est une roche à base composée de grès, d'argile et de calcaire; il forme des couches et des amas à texture grésiforme, quelquefois schisto-grésiforme, tenace, friable ou meuble. Ses couleurs sont le grisâtre, le jaunâtre, le rougeâtre, unies ou bigarrées. Le macigno est souvent *micacé*, quelquefois *charbonneux*. Il est très abondant dans la nature; on l'emploie comme pierre à bâtir.

Le **gompholite** (2) est une roche à base composée d'une pâte de macigno, renfermant des fragments de diverses substances, principalement de quartz et de calcaire. Il forme des couches et des amas à texture ordinairement poudingiforme, quelquefois bréchiforme, tenace, friable ou meuble; ses couleurs sont le brunâtre, le rougeâtre, le jaunâtre, le

(1) J'ai fait connaître, dans l'*Introduction à la Géologie*, les motifs qui me forçaient, en quelque manière, de restreindre le nom de poudingue aux seules roches où domine le quartz, et de l'étendre aux roches quartzeuses à texture bréchiforme, aussi bien qu'à celles à texture poudingiforme.

(2) Le gompholite est, en général compris dans les roches que les auteurs appellent *poudingues*, *conglomérats*, et plus spécialement dans celles que les Suisses nomment *nagelfluh*. Les règles de ma classification m'ont obligé de donner au gompholite une définition qui en exclut le gompholite monogénique d'Alex. Brongniart, lequel n'est qu'un *calcaire poudingiforme*. D'après ma définition, le gompholite est au macigno ce que le poudingue est au psam-[illegible]e diffère du poudingue que parce qu'il renferme essentiellement du calcaire, de [illegible]acigno ne diffère du psammite que parce qu'il renferme aussi du calcaire.

grisâtre, etc., unis ou bigarrés. Le gompholite est assez abondant dans la nature, et forme quelquefois des dépôts puissants.

L'**arkose** (*grès feldspathique*, *grès avec kaolin*, *grauwacke feldspathique*) est une roche à base composée de quartz dominant et de felspath; elle forme des couches, des amas, des filons, peut-être des masses non stratifiées, à texture grésiforme (*arkose miliaire*), bréchiforme, poudingiforme, granitoïde, porphyroïde (*mimophyre quartzeux*) et arénacée (*sable feldspathique*), quelquefois tenace, souvent friable, d'autres fois meuble; ses couleurs sont le grisâtre, le rougeâtre, le blanchâtre, le verdâtre, etc. L'*arkose* est souvent *micacée*, et alors elle ne diffère du granite que parce que le quartz est dominant; aussi l'a-t-on quelquefois appelée *granite recomposé*. L'arkose est très commune dans la nature; elle renferme beaucoup de minéraux d'espèces différentes, notamment des métaux. On l'emploie dans les constructions lorsqu'elle est assez tenace.

2e *ORDRE.* — ROCHES SILICATÉES.

1er *Genre.* — **Roches grenatiques.**

Le **grenat** dit *commun* forme quelquefois de petits bancs, de petits filons et des fragments de couleurs variables où domine le rougeâtre plus ou moins sombre, c'est une substance très dure rayant ordinairement le quartz.

L'**éclogite** est une roche à base phanérogène, composée de grenat et d'actinote, à texture granitoïde. Elle renferme accidentellement du disthène, du quartz, de l'épidote, de l'amphibole, etc. Elle est très rare dans la nature, et se trouve intercalée en petits bancs ou amas, peut-être en filons, dans le gneiss, le micachiste, le diorite.

2e *Genre.* — **Roches amphigéniques.**

L'**amphigénite** (*leucitgestein*, *leucitophyre*) est une roche composée d'une pâte formée d'amphigène, mélangée d'un peu de pyroxène renfermant des cristaux d'amphigène et de pyroxène. Elle forme des coulées, des filons, des amas, des fragments à texture ordinairement porphyroïde, quelquefois celluleuse ou meuble. La pâte est habituellement d'un gris foncé, les cristaux d'amphigène sont blancs et ceux de pyroxène noirs. Cette roche est abondante à la Somma, dépendance du Vésuve.

3e *Genre.* — **Roches feldspathiques.**

Plusieurs minéraux de la tribu des feldspaths, notamment l'orthose, le labradorite, l'oligoclase et l'albite, entrent dans la composition d'un grand nombre de roches où ils sont mélangés, soit entre eux, soit avec d'autres substances, et, quoique plusieurs de ces mélanges soient placés dans des genres qui tirent leurs dénominations de ces dernières substances, il en reste un très grand nombre que l'on est dans l'habitude de considérer comme roches feldspathiques. Il eût été à désirer de pouvoir diviser ces roches d'après la nature de leur élément feldspathique, mais il est impossible d'atteindre ce but dans l'état actuel de la science, car, lorsque les feldspaths ne sont pas à l'état cristallin, on ne peut en général les distinguer que par la nature et les proportions des éléments alcalins qu'ils contiennent, et les indications données par ces analyses, d'accord avec ce que l'on remarque dans les parties cristallines, annoncent ordinairement l'association de plusieurs espèces de feldspaths. Nous avons dû en conséquence laisser ces roches en une seule série que, conformément à l'usage, nous avons principalement disposée d'après des considérations de texture, d'aspect et d'origine. Quelques-unes de ces roches contiennent une certaine quantité d'eau qui est probablement due à des zéolites qui entrent dans leur composition. Ce caractère permettra peut-être un jour de former un genre particulier. Les roches feldspathiques se distinguent des roches quartzeuses par leur fusibilité; elles sont aussi généralement un peu moins dures, mais elles rayent encore le verre; elles ont une grande tendance à prendre les textures granitoïde et porphyroïde.

L'**orthose** ou *feldspath proprement dit*, à l'état cristallin, ne devrait peut-être pas figurer dans la série des roches, car elle forme rarement des masses à elle seule, et ces masses ne doivent être considérées que comme des accidents des roches mélangées. L'analyse d'une variété très pure a donné à M. Berthier 0.642 de silice, 0.184 d'alumine, et 0.170 de potasse. Cette substance se clive facilement parallèlement à un prisme rhomboïdal de 118°,58′ à 119°,11′, elle pèse de 2.39 à 2.58, elle est quelquefois limpide, d'autres fois blanchâtre, rougeâtre, verdâtre, etc.

Le **labradorite** ou *pierre de Labrador*, à l'état cristallin, ne forme non plus que des masses accidentelles. L'analyse d'un échantillon de Saint-Paul, en Labrador, a donné à Klaproth 0.558 de silice, 0.265

d'alumine, 0.110 de chaux et 0.040 de soude. Cette substance donne par le clivage un prisme rhomboïdal oblique de 119°, elle pèse 2.70 à 2.75, elle a l'éclat vitreux, intérieuremsnt nacré sur les faces de clivage, elle est translucide et souvent remarquable par des reflets vifs et changeants de diverses couleurs.

La **pegmatite** est une roche à base phanérogène composée de feldspath dominant et de quartz. La couleur du feldspath est souvent blanchâtre et celle du quartz grise, d'autre fois le feldspath est rougeâtre ou brunâtre. Cette roche forme des filons, des amas, peut-être des typhons.

On appelle *pegmatite graphique* (*schrifft granit*) celle dans laquelle le quartz est comme fiché dans le feldspath où il forme des lignes brisées qui donnent l'idée de l'écriture hébraïque. D'autres fois, le quartz ne forme que des grains dans le feldspath, et alors on donne à la roche le nom de *petunkzé*. Cette variété est employée pour faire la couverte ou vernis de la porcelaine.

Le **granite** est une roche à base phanérogène, composée de feldspath laminaire, de quartz et de mica, à éléments à peu près également disséminés, ou à feldspath dominant; car, quand le quartz devient dominant, la roche passe à l'arkose; et si c'est le mica qui devient dominant, la roche passe au gneiss et au micaschiste. Il forme des typhons, des filons, des amas, des blocs, peut-être des couches. Sa texture est granitoïde, cependant l'orthose forme quelquefois des cristaux plus volumineux que les autres éléments, et alors on dit que la texture est porphyroïde. Le feldspath est souvent blanc, le quartz gris et le mica noir, et alors on dit que le granite est gris; d'autres fois le feldspath est rouge, et l'on dit que le granite est rouge. Cette roche est très abondante dans la nature, et renferme une grande quantité de minéraux, soit à l'état de dissémination, soit à celui de filon. Elle est employée comme pierre de construction et de décoration; elle prend un beau poli, et l'étendue de ses masses permet d'y tailler des blocs qui n'ont d'autres limites que les forces que l'homme peut employer pour les déplacer.

La **syénite** (*granitel*, *granite amphibolique*) est une roche à base phanérogène, composée de feldspath ordinairement laminaire et de hornblende. Elle forme des typhons, des amas, des filons. Sa texture est granitoïde; quelquefois, cependant, on y distingue des cristaux d'orthose plus volumineux que les autres éléments, et alors on dit que la texture est porphyroïde; d'autres fois elle devient schistoïde. Le feldspath de la syénite est ordinairement, comme celui du granite, blanc ou rougeâtre, et la hornblende d'un vert foncé. La syénite renferme une

grande quantité de minéraux, et, parmi ceux qui s'y trouvent avec le plus de constance, il faut citer en premier lieu le quartz et le mica, qui sont souvent réunis, et forment ce qu'on appelle la *syénite granitique* (*granite à quatre substances, granite rouge égyptien*). On distingue aussi des variétés *zirconienne, hyperstènique, diallagique*, etc. La syénite est employée aux mêmes usages que le granite. C'est même avec de la syénite granitique que sont faits les obélisques égyptiens les plus remarquables.

La **protogine** est une roche à base composée de feldspath dominant, de quartz et de stéatite, de talc ou de serpentine. Quand l'une de ces dernières substances devient dominante, la roche passe au stéaschiste feldspathique : elle forme des couches, des amas, des filons, peut-être des typhons, à texture granitoïde quelquefois porphyroïde et schistoïde. La couleur du feldspath est souvent blanche, quelquefois rougeâtre, et celle des silicates magnésiques est ordinairement verte. M. Delesse a reconnu que dans la protogine qui forme la partie centrale du Mont-Blanc, le feldspath se composait de grains d'orthose et d'oligoklase distincts.

Nous désignons par le nom de **leptynite** (1) les feldspaths alcalins, c'est à dire l'orthose, l'oligoclase et l'albite, à texture grenue ou saccharoïde. Il forme des filons, des amas ou des noyaux dans des masses d'autre nature. Il est ordinairement blanc, quelquefois rosâtre, verdâtre ou d'autres nuances communément peu foncées : il est souvent mélangé avec d'autres substances, d'où l'on a des variétés *micacée, quartzeuse, grenatique, néphélinique*, etc.; mais il est à remarquer que, quand les feldspaths cessent d'être très dominants, la roche devient, selon les cas, du gneiss, du micaschiste, etc. Elle passe également au granite, à la pegmatite, à la syénite, etc., lorsque le feldspath prend la texture lamellaire.

Nous entendons par **eurite** (2) une roche à base d'apparence simple qui paraît être composée de feldspaths alcalins, à texture compacte,

(1) On rend ici au nom de *leptynite* l'acception que lui donnait Haüy, qui l'a créé : mais depuis lors, on a beaucoup varié sur cette acception, soit en l'appliquant aux mélanges de cette substance avec d'autres minéraux, soit en le restreignant au feldspath grenu avec un peu de mica, soit en l'étendant aux feldspaths grenu et compacte. C'est à cette espèce que se rapportent les roches nommées *weisstein, granulite, amausite*. La *miascite* de M. Rose me parait être un leptynite néphélinique.

(2) Je prends ici le nom d'*eurite* dans le sens que lui a donné d'Aubuisson en le créant, c'est à dire comme synonyme du *pétrosilex* de Dolomieu. Mais il est à remarquer que les noms de pétrosilex et d'eurite ont été étendus à des minéraux qui ne rentrent pas dans mon eurite, onolite. On peut aussi citer comme synonyme de mon eurite le *hornstein*

souvent mélangés de parties étrangères. L'analyse d'un échantillon de Passau a donné à Bucholz 0.600 de silice, 0.220 d'alumine, 0.140 de potasse et 0.008 de chaux. L'eurite forme des filons et des amas; elle est ordinairement tenace, de couleurs rougeâtre, blanchâtre, noirâtre, unies ou bigarrées; sa texture devient quelquefois schistoïde, bréchiforme et poudingiforme. Indépendamment des matières étrangères aux feldspaths qui peuvent entrer dans sa composition intime, elle est fréquemment mélangée de substances qui conservent leurs caractères propres, et outre celles de ces associations que nous allons indiquer comme espèces particulières on peut citer des variétés *micacée*, *quarzifère*, *grenatique*, etc.

Le **porphyre** (*feldstein porphyr*) est une roche composée d'une pâte d'eurite renfermant des cristaux d'orthose; il forme des typhons, des filons, des amas, peut-être des couches; il est ordinairement très tenace, d'autres fois friable lorsqu'il est altéré. La couleur de la pâte varie du brun rouge et du brun violâtre au rosâtre, au gris rougeâtre et au verdâtre; celle des cristaux est ordinairement blanche, passant quelquefois au rougeâtre et au verdâtre. Le porphyre contient très souvent des grains de quartz; d'autres fois du quartz et du mica, ou du quartz et de l'amphibole. On en trouve aussi contenant des grains de calcaire, d'où l'on a des variétés *quartzifère*, *micacée*, *syénitique*, *calcarifère*, etc. Le porphyre est très abondant dans la nature, et il est employé soit dans les constructions, soit comme pierre de décoration; la beauté de son poli, celle de ses couleurs et sa solidité en font, sous ce rapport, une des substances les plus estimées, mais sa dureté le rend d'un travail fort dispendieux.

Le **pyroméride** (*porphyre orbiculaire*) est une roche à base composée d'eurite et de quartz unis presque intimement. Elle forme de petits amas, des filons ou des blocs, présentant une pâte grenue, renfermant des noyaux sphéroïdaux à texture radiée et à cassure raboteuse. Ses couleurs sont le brun et le rougeâtre disposés par couches. Cette roche est rare, on l'a employée comme pierre d'ornement; mais elle ne conserve pas bien le poli.

L'**argilophyre** (*porphyre argileux*, *thonporphyr*) est une roche à base composée d'une pâte d'argilolite renfermant des cristaux parallélipipédiques ou sphéroïdaux de feldspath. Elle forme des filons, des amas, et peut-être des couches à texture porphyroïde. Elle est ordinairement fragile ou friable, quelquefois terreuse; son aspect est terne, parfois luisant, tant pour la pâte que pour les cristaux. Les couleurs de la pâte sont le rougeâtre, le jaunâtre, le grisâtre, le verdâtre, le brunâtre. Les cristaux sont ordinairement blancs, quelquefois roses, ordinai-

rement altérés et friables. L'argilophyre renferme souvent des parties accidentelles, surtout du quartz, du mica, de l'amphibole; on la considère comme résultant de l'altération des porphyres.

L'**argilolite** est une roche à base d'apparence simple, qui paraît être une eurite décomposée. Elle est quelquefois fusible au chalumeau, d'autres fois légèrement fusible sur les bords. Elle happe un peu à la langue, se délaye dans l'eau, mais sans faire pâte. Elle forme des filons, des amas, peut-être des couches, à texture compacte, terreuse, schistoïde ou bréchiforme. Elle est assez dure pour user le fer; friable, rude au toucher. Son aspect est terne, ses couleurs sont le jaunâtre, le rougeâtre, le verdâtre, le blanchâtre, ordinairement tachetés, quelquefois veinés, rarement unis.

La **saussurite** (*jade de Saussure, jade tenace*) est probablement du labradorite à texture compacte, saccharoïde ou grenue; son analyse a donné à Klaproth 0.490 de silice, 0.240 d'alumine, 0.105 de chaux, 0.055 de soude, 0.037 de magnésie et 0.065 d'oxyde ferreux. Elle est très tenace, de couleur blanche passant quelquefois au grisâtre et au verdâtre. Comme substance simple, elle n'a encore été trouvée qu'en blocs épars.

L'**euphotide** (1) (*verde di Corsica*) est une roche composée de saussurite et d'une substance verte qui paraît être une variété d'amphibole. Elle forme des filons, des amas à texture granitoïde. Sa couleur est le blanc tacheté de vert. Cette roche est susceptible de prendre un beau poli et on l'emploie comme pierre de décoration.

Le **granitone** (2) est une roche phanérogène composée de saussurite et de diallage, à texture granitoïde. Elle forme des filons, des amas, peut-être des typhons et des couches. La couleur de la saussurite est ordinairement le blanchâtre, et celle de la diallage le vert sombre

(1) Haüy avait créé le nom d'euphotide pour désigner la belle roche que les marbriers italiens appellent *verde di corsica*, qui est composée de saussurite et d'une substance verte que Haüy appelait *diallage verte*. Depuis lors on a reconnu que cette substance n'était pas la même chose que les autres variétés de diallage et on en a fait une espèce particulière sous le nom de *smaragdite*, opinion qui à son tour a été rejetée en ce sens qu'au lieu d'y voir une espèce particulière on voit dans cette substance une variété d'amphibole mélangée d'autres matières. Quoiqu'il en puisse être de cette opinion, il n'en reste pas moins vrai que la substance verte du *verde di cortica* est différente de celle à laquelle je restreins le nom de diallage qui est un hydrosilicate de magnésie. J'ai cru en conséquence devoir considerer les roches caractérisées par ces deux substances comme formant deux espèces et en restreignant le nom d'*euphotide* au *verde di corsica*, j'ai d signé l'autre par celui de *granitone* que lui donnent les marbriers italiens.

(2) On a vu dans la note précédente les motifs qui m'ont porté à séparer cette roche de l'euphotide d'Haüy et à la désigner par le nom de *Granitone*. Depuis lors M. G. Rose l'a nommée *Gabbro* (*ann. de Poggendorf*, XXXIV) ; mais, quel que soit le respect du à une autorité aussi importante, j'ai cru devoir maintenir le nom de *granitone* parce que les marbriers italiens donnent celui de *Gabbro* à des ophiolites et à des stéaschistes diallagiques.

passant au gris, au brun, au noir, quelquefois au blanc verdâtre et au grisâtre. Le granitone renferme souvent de la serpentine, du mica brun, des pyrites, de la ménakanite, etc. Il accompagne ordinairement les ophiolites, avec lesquelles il se lie intimement. Il est susceptible de prendre un beau poli, et on l'emploie comme pierre de décoration.

La **variolite** (*variolite de la Durance, parties de l'amygdaloïde et du blatterstein*) est une roche composée d'une pâte et de grains ou de noyaux qui paraissent être l'une et l'autre de la saussurite plus ou moins mélangée de diallage et peut-être aussi d'amphibole, de pyroxène ou d'épidote. La pâte est ordinairement grisâtre, rougeâtre ou verdâtre, et les noyaux d'une teinte moins foncée. Cette substance est peu abondante et se trouve principalement en cailloux roulés sur lesquels les noyaux font ordinairement des saillies qui imitent les pustules de la variole.

L'**hypersténite** (*hyperstenfels, hypérite, sélagite de M. Cordier*) est une roche composée de saussurite et d'hypersténe à texture granitoïde. Les grains sont quelquefois très gros, d'autres fois ils deviennent si petits que la roche a presque une apparence homogène. Elle forme des filons, des amas, peut-être des couches. Elle renferme accidentellement de la hornblende, du péridot, du mica, de l'apatite, des pyrites, de la ménakanite.

Le **phonolite** (*klingstein, clinkstone, leucostine, hornstein fusible*) est une, roche à base d'apparence simple qui parait être composée de feldspaths et de zéolites; elle est facilement fusible en émail blanc uni ou pointillé de noir ou de vert; elle est souvent remarquable par le son qu'elle rend sous le marteau. Elle forme des filons, des amas, peut-être des couches, à texture compacte, schistoïde ou écailleuse, quelquefois un peu celluleuse, de couleur grisâtre, rosâtre, etc. Elle renferme souvent des cristaux de feldspath très distincts, et alors la texture est porphyroïde. La variété schistoïde est quelquefois employée à couvrir les toits.

Le **trachyte** (*masegna, nécrolite*) est une roche à base d'apparence simple composée de feldspaths; il forme des amas, des filons, des culots et des couches, à texture compacte, grenue, quelquefois bulleuse, d'autres fois bréchiforme: il est rude au toucher. Son aspect est terne ou vitreux; ses couleurs sont ordinairement le grisâtre ou le rougeâtre. Il renferme presque toujours de l'orthose cristalline, soit en grands cristaux, ce qui lui donne une texture porphyroïde, soit en petites lames si abondantes que la texture devient lamellaire. Il renferme aussi très souvent du mica, de l'amphibole ou du pyroxène,

ce qui lui donne une texture granitoïde Le trachyte amphibolique a été nommé *andésite*, à cause de son abondance dans les **Andes**. Le trachyte fournit de bons matériaux de construction; celui du Siebengebirge, dans la Prusse rhénane, est employé sous le nom de *pierre de Kœnigswinter*.

La **domite** est une roche d'apparence simple à texture grenue et friable, dont l'analyse a donné à M. Berthier 0.610 de silice, 0.192 d'alumine, 0.115 de potasse, 0.042 d'oxyde ferreux, 0.016 de magnésie et 0.020 d'eau. Elle forme des amas et des filons, peut-être des couches; son aspect est terne, sa couleur ordinairement grisâtre, quelquefois jaunâtre et brunâtre; elle renferme presque toujours du feldspath cristallin, souvent de l'amphibole, du mica et du quartz. Elle compose presque à elle seule le Puy de Dôme en Auvergne.

Le **trass** (*trassoïte*, *duckstein*, *tuf ponceux*, *asclérine*, est une roche dont la base, d'apparence simple et d'aspect terne, paraît avoir beaucoup de rapports avec la ponce; elle renferme souvent des fragments de cette substance, ainsi que de plusieurs autres matières. Elle forme des amas, des couches, peut-être des filons, à texture conglomérée, ordinairement friables ou meubles de couleur communément grisâtre ou blanchâtre. On peut citer, comme type de cette espèce, le trass de la vallée de la Brohl près d'Andernach dans la Prusse rhénane, où on l'exploite pour faire des mortiers remarquables par leur solidité et très recherchés pour les constructions hydrauliques.

La **ponce** (*bimstein*, *pumite*) est une roche à base d'apparence simple, dont la composition n'est pas bien connue. Une analyse a donné à M. Berthier 0.700 de silice, 0.160 d'alumine, 0.065 de potasse, 0.025 de chaux, 0.005 d'oxyde ferreux et 0.030 d'eau. Elle est facilement fusible au chalumeau en émail blanc; elle forme des fragments plus ou moins volumineux, soit isolés, soit réunis en couches bréchiformes (*conglomérat ponceux*). Leur texture est très celluleuse; les cavités sont souvent très allongées et très rapprochées les unes des autres, ce qui donne à la pierre une apparence fibreuse. Elle se présente aussi en filaments capillaires et en dépôts graveleux et arénacés. Sa texture celluleuse la rend si légère, que souvent elle flotte sur l'eau. Elle est fragile, raye le verre et l'acier; elle est rude au toucher. Sa couleur est ordinairement grisâtre, d'autres fois blanchâtre, bleuâtre, verdâtre, rougeâtre, brunâtre. La ponce renferme quelquefois des cristaux d'orthose et des lames de mica. On s'en sert pour polir le [illegible]

[illegible]**lite** (*perlstein*, *pearlstone*, *rétinite perlée*) est une roche à

base d'apparence simple dont l'analyse a donné à M. Thomson 0.704 silice, 0.116 d'alumine, 0.052 de potasse, 0.030 de chaux, 0.044 d'oxyde ferrique et 0.043 d'eau. Elle est fusible au chalumeau avec boursouflement en une fritte blanche. Elle forme des amas, des filons et des fragments à texture compacte et grenue, présentant souvent un assemblage de grains plus ou moins gros. à texture quelquefois globuleuse, d'autres fois radiée. Elle pèse 2.548, est très fragile, a un éclat ordinairement nacré, d'autres fois vitreux, quelquefois terreux. Ses couleurs sont le blanchâtre, le grisâtre, le verdâtre. Elle renferme parfois des cristaux de feldspath et des paillettes de mica, ce qui lui donne une texture porphyroïde.

La **rétinite** (*pechstein, pichstone, stigmite résinoïde*) est une roche à base d'apparence simple, dont la composition est très variable l'analyse d'une rétinite de Meissen a donné à Klaproth 0.730 de silice, 0.145 d'alumine, 0.018 de soude, 0.010 de chaux, 0,011 d'oxyde ferreux, 0.085 d'eau. Cette roche est fusible avec boursouflement en une fritte blanchâtre. Elle forme des filons, des amas, des fragments, peut-être des couches, à texture compacte, à cassure raboteuse ou imparfaitement conchoïde. Elle pèse de 2.196 à 2.289 ; elle est dure, fragile; son éclat est ordinairement résineux, quelquefois gras ou vitreux, ses couleurs le brun, le gris, le jaunâtre, le noirâtre, le bleuâtre, etc. Elle renferme très souvent des cristaux de feldspath ou d'albite, et prend ainsi la texture porphyroïde (*pechstein-porphyr*); elle contient aussi fréquemment des paillettes de mica.

L'**obsidienne** (*verre des volcans, agate noire d'Islande, pierre de gallinace*) est une roche à base d'apparence simple dont la composition paraît ne se distinguer de celle de la rétinite que par l'absence de l'eau. L'analyse d'un échantillon de Telkebanya a donné à Erdmann 0.748 de silice, 0.124 d'alumine, 0.020 d'oxyde de fer, 0.013 d'oxyde de manganèse, 0.09 de magnésie, 0.020 de chaux. 0.064 de potasse. Elle forme des coulées, des filons et des fragments soit isolés, soit empâtés dans des roches bréchiformes, à texture compacte, à cassure largement conchoïde; parfois à l'état arénacé, et alors on lui donne le nom de *marékanite*. Elle pèse 2.56. Elle est quelquefois translucide, souvent opaque; son éclat est tellement vitreux, que l'on croirait voir du verre artificiel, quelquefois nacré ou terne. Ses couleurs sont le noirâtre, le verdâtre, le grisâtre; on en cite aussi de jaunâtre, de rougeâtre et de chatoyante. L'obsidienne renferme quelquefois des cristaux de feldspath, et prend ainsi une texture porphyroïde (*obsidian porphyr*); d'autres fois elle est amygdaloïde (*verre tigré des volcans*), et contient de petits noyaux compactes

ou radiés d'une substance qui n'est pas encore déterminée. Plusieurs peuples anciens, notamment les Péruviens, employaient des fragments d'obsidienne pour servir de couteaux et de miroirs; d'où l'on appelle aussi cette substance *miroir des Incas.*

La **téphrine** (1) (*lave téphrinique, greystone, partie des basanites de M. Cordier*) est une roche à base d'apparence simple, dont la composition n'est pas bien connue, mais qui paraît contenir beaucoup de labradorite. Elle est fusible en émail blanc pointillé de noir ou de verdâtre. Elle forme des coulées, des filons et des fragments scoriacés à texture toujours très bulleuse. Elle est tenace, rude au toucher. Son aspect est terne; sa couleur grisâtre. La téphrine renferme souvent d'autres substances, d'où l'on distingue des variétés *feldspathique, pyroxénique amphigénique,* etc. Elle prend alors les textures porphyroïde, amygdaloïde, et même granitoïde. Elle est employée à faire des meules : telle est celle de Niedermendig près de Coblentz, que l'on appelle *pierre meulière du Rhin*. C'est aussi une excellente pierre de construction, qui est surtout recherchée pour le carrelage : telle est celle de Volvic en Auvergne, que l'on a, pour cette raison, désignée par l'épithète de *pavimenteuse*.

4e *Genre.* — **Roches amphiboliques**.

L'amphibole entre dans la composition d'un grand nombre de roches; mais, parmi les diverses subdivisions de cette espèce minérale, on ne cite que la **hornblende** ou *amphibolite* comme se trouvant en masses suffisantes pour figurer dans la série des roches. Cette substance, difficilement attaquable par les acides, est fusible en verre noir, pèse de 2.80 à 2.45, raye le feldspath et est rayée par le quartz. Elle forme des couches, des filons, des amas. Les parties laminaires sont clivables parallèlement à un prisme oblique rhomboïdal de 124° 30' à 127° incliné sur sa base de 105° à 106°. Sa texture est ordinairement lamellaire ou schistoïde, peut-être quelquefois grenue ou compacte; mais il est probable que les masses qui présentent ces deux dernières textures appartiennent plutôt à l'aphanite. La hornblende est communément associée avec d'autres minéraux, et, indépendamment de celles de ces associations qui donnent lieu à l'éta-

(1) Je conserve ici au nom de téphrine l'acception que lui a donnée Al. Brongniart, laquelle me paraît la même que celle que lui avait attribuée Delamétherie en créant ce nom; mais M. Cordier applique maintenant cette dénomination à des roches altérées, qui me semblent se rapporter à mes espèces trass, argilolite, domite, trachyte, etc.

blissement d'espèces particulières, nous citerons, comme variétés, des *hornblendes micacée*, *grenatique*, *serpentineuse*, *quartzeuse*, etc.

Le **diorite** (*grünstein*, *diabase*, *granitel*, *chloritin*, *dioritporphyr*) est une roche à base phanérogène composée de hornblende et de feldspath. Il forme des filons, des amas, peut-être des couches et des typhons, à texture granitoïde, porphyroïde et schistoïde. Une variété dite *orbiculaire* (*granite globuleux de Corse*) est composée de gros noyaux sphéroïdaux dans lesquels la hornblende et le feldspath sont disposés par couches concentriques; ces noyaux sont agglomérés par une pâte de diorite granitoïde. Le diorite est très tenace lorsqu'il n'est pas altéré. La hornblende du diorite est ordinairement verte, quelquefois noire, et le feldspath blanc ou verdâtre. Le diorite renferme souvent d'autres minéraux. Nous citerons, entre autres, le *diorite quartzifère* et le *diorite micacé*. Le diorite est une roche abondante dans la nature, il est susceptible de poli, et on l'emploie comme pierre de décoration, ainsi que le granite, etc.

L'**aphanite** (1) (*diorite compacte*, *roche cornéenne*) est une roche à base d'apparence simple, que l'on considère comme un mélange intime d'amphibole et de feldspath. Elle est fusible en émail noir. Elle forme des filons, des amas, et des couches à texture compacte ou grenue. Elle est assez tenace lorsqu'elle n'est pas altérée; sa dureté est variable. Ses couleurs sont le grisâtre, le rouge verdâtre, le noirâtre. L'aphanite n'est souvent qu'un accident du diorite. Il paraît que cette roche est peu abondante dans la nature; aussi la plus grande partie des matières que l'on y rapportait sont maintenant rangées dans le genre des roches pyroxéniques. L'association de l'aphanite avec le mica a été quelquefois admise comme espèce particulière sous le nom de *sélagite* (2).

(1) M. Cordier range son *aphanite* dans les roches pyroxéniques, ce qui la fait rentrer dans son *trapp*. J'ai cru préférable de conserver au nom d'aphanite la définition qu'Haüy en a donnée lorsqu'il l'a créé. A la vérité, la plus grande partie des aphanites d'Haüy sont maintenant reportées aux roches pyroxéniques; mais, comme il existe aussi des mélanges de feldspath et d'amphibole, il vaut mieux continuer à les désigner par le nom qui a été créé pour eux. Du reste, la manière dont la véritable aphanite s'échappe, pour ainsi dire, dans les analyses, semble annoncer que l'amphibole aurait plus de tendance à se mélanger mécaniquement, et le pyroxène plus de tendance à se mélanger intimement. En effet, nous voyons dans la nature beaucoup de syénite et de diorite, et fort peu de dolérite; tandis que, dans ma manière de voir, il y aurait fort peu d'aphanite, mais beaucoup de trapp et de basalte, c'est à dire beaucoup de mélanges intimes de pyroxène et de feldspath. Du reste, il est très difficile de distinguer l'aphanite du trapp, quand ces matières ne sont pas accompagnées d'amphibole ou de pyroxène à l'état cristallin; peut-être que, dans ce cas, le meilleur caractère à indiquer est la présence de la magnésie, car on peut considérer cet élément comme essentiel dans les aphanites, tandis qu'il manque souvent dans les trapps.

(2) C'est la sélagite d'Haüy, qu'il ne faut pas confondre avec celle de M. Cordier, qui a été décrite ci-dessus sous le nom d'*hypersténite*.

L'hémitrène est une roche à base phanérogène, composée de hornblende et de calcaire. Elle forme des bancs, des amas ou des filons à texture granitoïde ou porphyroïde. Sa couleur est ordinairement le vert tacheté de blanc; elle renferme plusieurs minéraux accidentels; notamment des feldspaths, des micas, de l'aimant, etc. C'est une roche peu abondante.

5e *Genre.* — **Roches pyroxéniques.**

En admettant un genre sous la dénomination de roches pyroxéniques, nous n'entendons pas dire que le pyroxène soit toujours l'élément le plus abondant des roches que nous plaçons dans ce genre, car on est dans l'habitude de considérer comme roches pyroxéniques des substances dans lesquelles les feldspaths sont en quantité plus considérable que le pyroxène, mais où celui-ci a imprimé des caractères particuliers qui font que la place naturelle de ces mélanges est plutôt dans le genre pyroxénique que dans le genre feldspathique.

Les diverses substances cristallines que nous avons indiquées dans le tableau des minéraux comme composant l'espèce pyroxène n'ont pas été trouvées en masses suffisantes pour figurer dans la série des roches; mais il existe à Lherz, dans les Pyrénées, des masses à texture lamellaire ou presque compactes intercalées dans le calcaire qui paraissent être un mélange d'augite et de diopside, Cette roche, à laquelle on a donné les noms de **Lherzolite,** *pyroxénite, augitfels*, est de couleur verte et son analyse a donné à Vogel 0.450 de silice, 0.190 de chaux, 0,120 d'oxyde ferreux, 0.005 d'oxyde de chrome et 0.010 d'alumine.

La **dolérite** (1) est une roche à base phanérogène composée de pyroxène et de feldspath. Elle forme des amas, des filons, des coulées, peut-être des couches et des masses non stratifiées, à texture essentiellement granitoïde, la roche passant à une des espèces suivantes quand elle prend une autre texture. Cependant on considère comme dolérite porphyroïde, celle où l'élément feldspathique forme de grands cristaux au milieu d'une pâte composée d'un assemblage de petites lames ou de petits cristaux pyroxéniques et feldspathiques, susceptibles d'être distingués à l'œil nu. Le pyroxène de la dolérite est ordinairement noir, et

(1) Cette roche, telle que je l'entends ici, comprend les parties de la *dolérite* et de la *mimosite* de M. Cordier, dont les éléments se distinguent à l'œil nu, tandis que je range dans mon espèce trapp les parties qui ont l'apparence homogène.

les substances feldspathiques blanches. Cette roche paraît être peu abondante (1).

Le **mélaphyre** (2) (*porphyre noir*, *porphyre pyroxénique*, *augit-porphyr; trapp-porphyr*, *partie de l'ophite*, *du porphyre vert*, etc.), est une roche à base composée d'une pâte qui paraît être un mélange de pyroxène et de feldspath, enveloppant des cristaux de ces substances. Elle forme des filons, des amas, peut-être des couches et des typhons, à texture porphyroïde quelquefois bulleuse ou conglomérée. La pâte et les cristaux de pyroxène sont ordinairement noirs ou verts, les cristaux de feldspath d'un blanc passant souvent au verdâtre ou au rougeâtre. Elle renferme, comme parties accidentelles, du mica, du quartz, de la marcassite, de la ménakanite, etc. Le mélaphyre est une roche importante dans la nature, elle est souvent susceptible de prendre un beau poli et d'être employée comme pierre de décoration. Les marbriers italiens donnent le nom de *serpentino verde antico* à celui qui présente un fond noir parsemé de parallélipipèdes d'un beau vert.

Le **trapp** (3) (*trappite*, *partie des dolérites*, *des mimosites*, *des cornéennes*), est une roche à base d'apparence simple qui parait être un mélange intime de pyroxène et de feldspath; il forme des filons, des amas, peut-être des couches, ordinairement divisés par un très grand nombre de fissures; ce qui fait que ses massifs donnent extérieurement l'idée d'un escalier. Il est dur et très tenace lorsqu'il n'est pas altéré. Ses couleurs sont ordinairement le vert foncé ou le noir verdâtre, d'autres fois le noir bleuâtre.

Le **basalte** (4) est une roche à base d'apparence simple, composée de pyroxène, de feldspath et d'autres substances, notamment des zéolites. Une analyse a donné à Klaproth 0.445 de silice, 0.168 d'alumine,

(1) Ce que je dis ici du peu d'abondance de la dolérite ne doit s'entendre que de cette roche telle que je l'ai définie ci-dessus, c'est à dire où les éléments se distinguent à l'œil nu; car, pour les auteurs qui étendent ce nom aux mélanges intimes de pyroxène, la dolérite est fort abondante. On cite aussi beaucoup de minéraux intercalés dans la dolérite; mais j'ai cru devoir m'abstenir d'en parler, parce que je suis porté à croire que les roches citées comme si riches en minéraux sont des spilites.

(2) Il serait trop long de répéter ici ce que j'ai dit dans le *Précis de géologie*, p. 356, pour justifier ma définition ainsi que ma synonymie du mélaphyre, et surtout d'y ajouter les motifs qui me font maintenir provisoirement cette définition et cette synonymie, quoiqu'elles ne soient pas en tout point d'accord avec les savantes recherches que M. Delesse a publiées dans le *Bulletin de la Soc. géol.*, 1847, t. IV, p. 774.

(3) On a vu dans la note sur la dolérite que le trapp, tel que je l'entends, ne diffère de la dolérite que parce que ses éléments ne sont pas visibles à l'œil nu. Il a aussi été longtemps confondu avec le *grünstein* et les cornéennes, groupe dans lequel on réunissait des roches amphiboliques et pyroxéniques.

(4) Mon basalte comprend les *basanites* d'Al. Brongniart ainsi que la *péridotite* de M. Cordier, qui est pour moi un *basalte péridotique*. Il comprend aussi une partie des *basanites*, des *gallinaces* et des *scories* du même géologue.

0.200 d'oxyde ferreux, 0.095 de chaux, 0.023 de magnésie, 0.026 de soude, 0.020 d'eau. Le basalte forme des filons, des culots, des coulées, peut-être des couches; il est très souvent divisé en prismes pressés les uns contre les autres, quelquefois en tables peu épaisses; il présente d'autres fois des fragments, soit sphéroïdaux comme des boulets, soit irréguliers et ressemblant à des scories de fourneaux, d'où on les appelle *basaltes scoriacés*. Sa texture est compacte ou bulleuse; il pèse à peu près 3; raye le verre, est très tenace. Sa couleur est ordinairement d'un noir tirant sur le bleuâtre. Il renferme souvent des minéraux étrangers; le plus commun est le péridot olivâtre ou *olivin*. On y trouve aussi des cristaux de pyroxène, des titanates de fer, des micas, des zéolites, des pyrites, etc. (1).

Le **spilite** (*mandelstein*, *toadstone*, *variolite du drac*) est une roche à base d'apparence simple, principalement composée de pyroxène et de feldspath, qui renferme des noyaux de calcaire et d'autres minéraux. Il forme des filons, des amas, des couches à texture amygdaloïde ou amygdalo-bulleuse. Sa pâte est ordinairement peu dure, ses couleurs sont le grisâtre, le rougeâtre, le noirâtre, le verdâtre, etc. Aucune roche ne renferme autant de minéraux que le spilite, c'est le gîte de la plupart des zéolites ainsi que des agates, des améthystes, etc.

La **vake** (*wacke*, *vakite*) est aussi une roche à base d'apparence simple qui paraît être composée de pyroxène et de feldspath et dont la texture est compacte, grenue ou celluleuse. Elle pèse de 2.53 à 2.89; elle est moins dure et moins tenace que le basalte et devient même friable. Son aspect est terne, ses couleurs sont le grisâtre, le brunâtre, le rougeâtre, le jaunâtre ou le verdâtre; elle renferme beaucoup de minéraux et passe au spilite et à la pépérine, ainsi qu'à d'autres roches. Il est même presque impossible, dans l'état de nos connaissances, de donner une bonne délimitation de cette roche.

La **pépérine** telle que nous l'entendons (2) n'est qu'une vake à texture bréchiforme, graveleuse, arénacée ou terreuse. Elle forme des amas, des couches, des filons et renferme presque toujours des fragments

(1) Je conviens que les différences qui existent entre le basalte et le trapp, telles que je viens d'établir ces espèces, se rapportent à des circonstances de gisement plutôt qu'à de véritables caractères minéralogiques, mais l'usage qui distingue ces roches est trop général pour qu'on puisse les réunir. Au surplus, le basalte a une texture plus communément bulleuse que le trapp, sa couleur noirâtre ne tire pas sur le verdâtre, comme celle des trapps; il renferme souvent du péridot, et il a une plus grande tendance que le trapp à prendre la forme de prismes.

(2) La pépérine fait partie des matières connues sous les noms de *peperino*, *tufs basaltiques*, *tufs volcaniques*, *cendres volcaniques* : mais il est à remarquer que la définition ci-dessus exclut de ma pépérine celles de ces matières qui ne contiennent pas de pyroxène, et dont une partie rentre dans mes espèces trass, ponce, etc.

d'autres substances, notamment du basalte, de la téphrine, du phonolite, de la ponce, du pyroxène, des feldspaths, des micas, de l'amphigène, de l'aimant, du calcaire, etc. Une variété connue sous le nom de *pouzzolane* est employée pour faire des mortiers remarquables par leur solidité.

6e *Genre*. — **Roches micacïques**.

On a déjà vu que les micas entrent dans la composition d'un grand nombre de roches. Nous ne citerons ici que celles où ils sont considérés comme l'élément le plus caractéristique.

Le **micaschiste** (*micacite*, *glimmerschiefer*, *micaslate*, *mica schistoïde*, *schiste micacé*) est une roche très répandue, dont la base est composée de mica et de quartz, à mica dominant et continu. Il forme des couches puissantes, souvent contournées, à texture schistoïde. Il renferme un très grand nombre de minéraux, et parmi ceux qui sont le plus fréquemment et le plus abondamment répandus dans la roche, on peut citer le feldspath, le grenat, le talc, d'où l'on a des variétés *feldspathique*, *grenatique*, *talqueux*. Lorsque le feldspath forme des cristaux distincts, on dit que le micaschiste est porphyroïde.

Le **gneiss*** (*granite veiné de Saussure*) est aussi une roche à base phanérogène composée de mica dominant et de feldspath laminaire ou grenu. Elle forme des couches et des amas à texture ordinairement schisto-granitoïde, quelquefois schisto-porphyroïde, d'autres fois, mais rarement, simplement granitoïde; car, quoique la texture schistoïde soit assez généralement considérée comme un des caractères distinctifs du gneiss, on est obligé de laisser dans cette espèce des matières qui n'ont pas cette texture, mais qui ont la composition du gneiss. La couleur du mica est fréquemment grise, quelquefois brune ou noire, tandis que le feldspath est souvent blanc; ce qui est cause que le gneiss est ordinairement gris. Quelquefois le feldspath est rougeâtre. Le gneiss passe à l'orthose micacée ou au leptynite micacé quand le mica cesse d'être dominant. Il renferme souvent du quartz, et ce *gneiss quartzeux* passe au micaschiste dès que le quartz devient plus abondant que le feldspath. Le gneiss renferme une grande quantité de minéraux. C'est une des roches les plus abondantes dans la nature.

La **fraidronite**, nommée *pierre noire* dans le Gévaudan, est une roche composée de mica et d'orthose ou d'autres feldspaths du 5e système, renfermant accidentellement, mais fréquemment, du calcaire, des hydro-

silicates de magnésie et d'autres minéraux. Elle forme dans les terrains anciens des dykes à texture lamellaire quelquefois porphyroïde, grenue compacte ou meuble (1).

On peut rapporter à la fraidronite la roche nommée *minette* dans les Vosges. Elle a une composition et une texture très variables et elle passe d'un côté à l'eurite et au porphyre, de l'autre elle devient quelquefois tellement micacée qu'on la déjà désignée sous le nom de *mica en roche*. Celle qui traverse le granite ou la syénite est fréquemment à l'état meuble et alors les parties voisines de ces roches sont aussi décomposées. Sa couleur est ordinairement noirâtre ou grisâtre, et quelquefois verdâtre, brunâtre ou noirâtre.

On donne en Bretagne le nom de **kersanton** à une roche composée de mica et de felspath du 6e système ordinairement coloré en gris ou en vert, renfermant souvent du calcaire ainsi que du sidérose, des pyrites et d'autres minéraux (2). Elle forme, dans les terrains siluriens des environs de Brest, des dykes passant aux textures porphyroïde et compacte. Elle est employée comme pierre à bâtir et se laisse facilement tailler.

On a appelé *kersantite* une roche qui forme des dykes dans les terrains anciens des Vosges et qui est de même nature que le kersanton, mais sa composition est fort variable et elle passe d'un côte au mica lamellaire et de l'autre à un feldspath compact.

7e *Genre.* — **Roches chloritiques** (3).

La **chlorite,** telle que nous l'entendons, ne représente pas une espèce minérale, mais se compose du mélange de divers hydrosilicates terreux

(1) La composition de la fraidronite est, comme on voit, semblable à celle du gneiss, mais il y a assez de différence entre les autres caractères de ces deux roches pour justifier leur séparation spécifique. Aussi n'était-ce pas avec le gneiss que les auteurs, qui n'admettaient pas la fraidronite et le kersanton comme espèce, rangeaient les diverses variétés de ces roches, mais avec le diorite, le porphyre et l'eurite.

(2) On a considéré longtemps l'amphibole comme un des éléments essentiels du kersanton de Bretagne, d'où je l'avais appelé *diorite micacé,* mais M. Delesse (An. des mines, 1851, XIX, 164) n'a point trouvé d'amphibole dans les kersantons qu'il a examinés; d'où il conclut que ce minerai n'est point un élément essentiel du kersanton.

(3) Le nom de chlorite a été donné à de nombreuses substances qui n'ont pour ainsi dire de commun que la couleur verte et la presence de la silice. Des recherches cristallographiques plus approfondies et l'application du système atomique ont conduit, dans ces derniers temps, à distinguer parmi ces substances plusieurs espèces particulières; telles sont celles nommées ripidolite, clinoclore, pennine, etc., où l'on a reconnu des caractères cristallographiques. On a aussi établi d'autres espèces qui, n'étant fondées que sur des rapports atomiques, représentent probablement des mélanges accidentels plutôt que de véritables combinaisons méritant de figurer comme espèces minérales. On a également cherché à assigner des caractères d'espèce au nom de

colorés en vert ou en noir par des silicates de fer. Elle forme des couches, des amas, des filons; des rognons, des nids, des grains dont la texture est terreuse, grenue lamellaire, compacte ou schistoïde. Elle est très répandue dans la nature, mais elle forme rarement de grandes masses à elle seule, étant plus souvent mélangée dans des roches talqueuses, schisteuses, argileuses, quartzeuses ou calcareuses. La *chlorite* en couches a fréquemment la texture *schistoïde* et on lui donne souvent alors les noms de *chloritoschiste*, *chloritschiefer*, *chloritstate*. Les variétés terreuses nommées *terres vertes*, *terre de Vérone*, *baldogée* sont quelquefois employées en peinture. Il y a aussi des variétés qui sont exploitées, sous les noms de *pierre ollaire*, *topfstein*, *pottstone*, pour faire des vases employés à la cuisson des aliments, mais il paraît que la plupart des pierres ollaires doivent plutôt se ranger dans les roches talqueuses.

8e *Genre*. — **Roches talqueuses.**

Nous désignons par l'épithète de talqueuses les roches qui sont principalement formées d'hydrosilicates de magnésie, mais s'il est difficile de trouver des échantillons purs de talc, de stéatite et de serpentine lorsque l'on veut assigner une composition déterminée à ces substances, on conçoit qu'il est encore plus difficile de rencontrer de grandes masses qui se rattacheraient spécialement à l'une ou à l'autre, de sorte que, au lieu d'employer ces noms pour désigner les roches qui en sont composées nous nous servirons de ceux de stéaschiste et d'ophiolite créés par Alexandre Brongniart pour désigner des compositions mélangées.

chlorite, mais si on adoptait cette manière de voir il faudrait retrancher ce nom du langage géognostique où l'on s'en sert fréquemment pour désigner des matières très abondantes dans la nature qui, de même que les argiles, les schistes et beaucoup d'autres roches à base d'apparence simple, sont formées par le mélange de diverses combinaisons. Je crois, en conséquence, devoir employer le nom de chlorite exclusivement dans ce dernier sens et le rejeter tout à fait de la nomenclature des minéraux, où l'on peut le remplacer par une des nombreuses dénominations que l'on a données aux substances que les auteurs ont détachées des anciennes chlorites.

Les roches chloritiques ont beaucoup de rapports avec les roches talqueuses, et il est souvent fort difficile de les distinguer; la différence ne consistant que dans la présence, comme élément essentiel, d'hydrosilicates de fer dans les premières et d'hydrosilicates de magnésie dans les secondes, tandis que l'oxyde ferreux se substitue souvent à la magnésie dans les roches talqueuses et la magnésie à l'oxyde ferreux dans les roches chloritiques. Cette présence du fer comme caractère essentiel de la chlorite m'avait porté, lors de mon édition de 1853, à la ranger avec les roches ferrugineuses, mais, comme le fer y est toujours accompagné de matières terreuses telles que de l'alumine, de la magnésie ou de la chaux et que ces roches se lient intimement avec beaucoup de roches pierreuses, j'ai cru préférable de faire plier la rigueur des principes et d'en revenir à l'usage général en le rangeant à côté des roches talqueuses.

Le **stéaschiste** (*talcite, schiste talqueux, talkschiefer*) est une roche à base composée de divers hydrosilicates magnésiques à texture schistoïde. Elle forme des couches à texture schisto-compacte, schisto-grenue, schisto-lamellaire, schisto-porphyroïde, schisto-amygdaloïde, etc. Elle est quelquefois douce et onctueuse au toucher; souvent rude, propriété qui paraît due aux matières étrangères. Son éclat est ordinairement luisant; ses couleurs sont souvent le vert, quelquefois le grisâtre, le jaunâtre, le brunâtre, le rougeâtre, etc. Indépendamment des diverses substances qui entrent dans la composition intime de la base des stéaschistes, et dans lesquelles il faut compter le silicate de fer, qui s'y trouve presque toujours, ces roches renferment un grand nombre de minéraux mélangés mécaniquement, et, parmi ceux qui s'y présentent avec assez de constance pour déterminer l'établissement de variétés principales, on peut citer le quartz, le feldspath, le grenat, le calcaire, etc. Le *stéaschiste quartzeux* est une des variétés les plus abondantes, peut-être même qu'il est très peu de stéaschistes qui ne contiennent pas de quartz, et cette variété passe fréquemment au quartz talqueux. La variété *feldspathique* est aussi très répandue, et passe ordinairement à la protogine. Les stéaschistes sont, en général, des roches qui jouent un rôle important dans l'écorce du globe.

L'ophiolite (*serpentine de la plupart des géologues*) est une roche à base composée de divers hydrosilicates de magnésie à texture non schistoïde. Il forme des filons, des amas, peut-être des couches, à texture ordinairement grenue; d'autres fois compacte, lamellaire, granitoïde, porphyroïde ou bréchiforme. Il est généralement tenace, mais tendre; ses couleurs sont souvent le vert foncé, d'autres fois le brunâtre, le noirâtre, le rougeâtre, le jaunâtre; ordinairement bigarrées, rarement unies. Indépendamment des diverses substances qui entrent dans la composition intime de la base des ophiolites, et dans lesquelles il faut compter le silicate de fer, qui s'y trouve presque toujours, et quelquefois en quantité considérable, ces roches renferment un grand nombre de minéraux mélangés mécaniquement, et, parmi ceux qui s'y présentent avec assez de constance pour déterminer l'établissement de variétés principales, on peut citer la diallage, le calcaire, le grenat, le quartz, la grammatite, le sidérochrome; d'où l'on a des *ophiolites diallagique* ou *gabbro* des Toscans, *calcareux*, *grenatique*, *quartzeux*, *grammatiteux*, *chromifère*, Les ophiolites sont assez abondants dans la nature, et ils constituent un système important; cependant ils ne recouvrent jamais à eux seuls une étendue considérable. Il y a des ophiolites susceptibles de poli, que l'on emploie comme pierre de décoration; d'autres, dont on fait des vases qui

servent dans les usages domestiques et que l'on préfère eux meilleures poteries, on leur donne alors le nom de *pierre ollaire*.

La **magnésite** est une roche à base simple, composée d'hydro-silicate magnésique, mais qui est presque toujours mélangée de matières étrangères, notamment de carbonate magnésique. Elle est assez tendre, rude au toucher, opaque ou faiblement tranlucide, de couleur blanche tirant sur le jaunâtre et le grisâtre. Elle forme des rognons, des veines, des amas et des bancs à texture ordinairement grenue ou terreuse, quelquefois compacte ou schistoïde. On l'emploie à faire des poteries et une variété dite *écume de mer* est recherchée pour faire des pipes.

Le **klebschiefer** ou *schiste happant* est une roche d'apparence simple, remarquable par la force avec laquelle il happe à la langue, et qui, lorsqu'il est desséché, absorbe l'eau avec sifflement. Il forme des bancs à texture schistoïde, qui se divisent en feuillets extrêmement minces et ressemblant à du gros papier. Il pèse 2.08, est très tendre, onctueux lorsqu'il est humecté, mais rude au toucher lorsqu'il est desséché. Son aspect est terne, sa couleur le grisâtre, passant au brunâtre et au blanchâtre. Il passe souvent à la marne et à l'argile, aussi Al. Brongniart et M. Cordier l'ont-ils nommé *argile feuilletée*. Mais, comme il ne se délaie et ne fait pâte dans l'eau que quand il est fortement mélangé de marne, on ne doit pas le considérer comme une argile.

9e *Genre*. — **Roches schisteuses**.

Les roches schisteuses, telles que nous les entendons, ne se rapportent pas à un type minéralogique, mais elles sont principalement composées de divers silicates d'alumine à texture schistoïde et qui ne se délaient pas dans l'eau (1).

(1) Il existe dans la nature d'abondants dépôts de matières que l'on désigne ordinairement par les noms de *schistes* et d'*argiles*, sans toutefois que l'on ait de bons caractères pour les distinguer, soit entre elles, soit des autres groupes. Voulant cependant conserver ces dénominations qui sont extrêmement utiles dans les descriptions géognostiques et m'écarter le moins possible de l'usage ordinaire, j'ai cru pouvoir les admettre dans ma classification, quoique je fusse obligé de ne leur donner que des caractères négatifs et empiriques, auxquels il est même nécessaire de faire des exceptions pour ne point rompre des rapports intimes ou des associations généralement admises.

Je ferai remarquer, en outre, que mon genre de roches schisteuses est bien loin de correspondre aux groupes formés par les auteurs qui comprennent dans leur *schistes* ou *roches schisteuses* presque toutes les roches à structure schistoïdes, et notamment le gneiss, le micaschiste, la chlorite schistoïde, les stéaschistes, le klebschiefer.

Le **phyllade** (1) (*schiste tégulaire et tabulaire, partie du thonschiefer*) est une roche à base d'apparence simple, dont la composition se rapproche plus ou moins du résultat suivant, donné à d'Aubuisson par l'analyse d'une ardoise d'Angers, savoir : 0.486 de silice, 0.235 d'alumine, 0.113 d'oxyde de fer, 0.016 de magnésie, 0.047 de potasse et 0.076 d'eau. Elle est fusible en émail bulleux, résiste ordinairement pendant longtemps aux influences météoriques, et se transforme à la longue en une terre onctueuse qui ne fait point pâte avec l'eau. Elle forme des couches à texture schisto-compacte, ordinairement susceptibles de donner des feuillets d'une grande dimension et de se diviser d'une manière presque indéfinie, leur cassure manifestant souvent la division schistoïde jusque dans les fragments les plus minces. Elle est fréquemment assez dure pour recevoir la trace d'une lame de cuivre; elle est ordinairement terne, quelquefois luisante; ses couleurs sont souvent le gris bleuâtre, mais quelquefois le rougeâtre, le verdâtre, le jaunâtre. On appelle *phyllade pailleté*, celui qui renferme des paillettes de mica; *oligistifère*, celui qui renferme de l'oligiste; *mâclifère*, celui qui contient de l'andalousite; *staurotique*, celui qui renferme de la staurotide; *porphyroïde*, celui qui renferme des cristaux de feldspath, etc. Le phyllade est assez commun dans la nature; il est employé, sous le nom d'*Ardoise*, à couvrir les toits, à faire des tables, des planches à écrire; on s'en sert aussi comme pierres à bâtir; mais il est peu convenable pour cette dernière destination parce qu'il ne prend pas bien le mortier.

Le **coticule** (*novaculite, pierre à rasoir, pierre à lancettes, wetzsschiefer, etc.*) est une roche d'apparence simple, dont l'analyse a donné à M. Faraday 0.713 de silice, 0.153 d'alumine, 0.093 d'oxyde de fer et 0.033 d'eau; il est fusible en émail brun un peu boursouflé. Il forme des bancs, quelquefois des filons et des veines. Sa texture est schisto-compacte; il présente quelquefois des feuillets épais qui paraissent tout à fait compactes et à cassure conchoïde. Il se laisse entamer par une pointe de fer, cependant il use ce métal et même l'acier. Ses couleurs sont le jaunâtre, le verdâtre, le bleuâtre.

On recherche le coticule pour aiguiser les canifs, etc. Les pierres à rasoir sont ordinairement des parallélipipèdes taillés de manière que la partie inférieure soit composée du phyllade dans lequel le coticule forme

(1) J'avais désigné, d'après Al. Brongniart, dans tous mes écrits antérieurs, cette roche par le nom d'*ardoise*, mais celui de phyllade, créé par d'Aubuisson, étant maintenant plus usité, j'ai cru devoir l'adopter, et cette marche, qui laisse le nom d'ardoise à son acception industrielle, est d'autant plus avantageuse qu'il y a beaucoup de phyllades qui ne peuvent servir d'ardoise et que l'on emploie des calschistes sous le nom d'ardoise.

des veines. Il est à remarquer que dans ces pierres la division en feuillets se prolonge indistinctement du coticule jaune dans le phyllade gris sans que le changement de couleur, et probablement de nature, se fasse sentir dans la direction des joints.

Nous réservons le nom de **schiste** (*schistus fragilis*, *schiste argileux d'Al. Brongniart*, *schiste ordinaire de M. Cordier*, *schieferthon des Allemands*) à une roche d'apparence simple, fusible au chalumeau, qui perd ordinairement sa cohérence par l'exposition aux influences météoriques, et se transforme en argile, c'est à dire en une terre faisant pâte avec l'eau. Elle forme des couches à texture schistoïde, à feuillets communément droits, non susceptibles d'une division indéfinie, mais donnant souvent de petits polyèdres terminés par des faces qui ne présentent aucun indice de division ultérieure; elle est ordinairement tendre, mais devient dure par son passage aux roches quartzeuses. Elle est souvent terne, quelquefois luisante; ses couleurs sont le grisâtre, le brunâtre, le rougeâtre, le verdâtre, le jaunâtre, etc., unies ou bigarrées. On appelle *schiste pailleté* celui qui renferme des paillettes de mica, et ce cas a très souvent lieu; *ferrifère*, celui qui contient de l'oligiste ou de la limonite en quantité considérable, car le schiste contient toujours, ou presque toujours, un peu de fer; *charbonneux* et *bituminifère*, ceux qui renferment des matières charbonneuses ou bitumineuses, ils sont ordinairement de couleur noire et ressemblent extérieurement à la houille schistoïde; *mâclifère* celui qui renferme des cristaux d'andalousite. Le schiste est très abondant dans la nature.

L'**ampélite** est une roche d'apparence simple, qui est principalement composée de silicates d'alumine et de carbone. Il change de couleur par l'action du chalumeau, en se couvrant quelquefois d'un léger vernis vitreux, mais il est en général infusible. Nous y distinguons deux sous-espèces très distinctes, savoir :

1° L'*ampélite alunifère* (1) (*ampélite alumineux*, *schistus aluminaris*, *schiste aluminifère*, *alaunschiefer*, *alaunerde*), qui est une roche à base d'apparence simple, contenant toujours, outre les silicates d'alumine et le carbone, du soufre et du fer dans un état de combinaison encore indéterminé, Klaproth ayant émis l'opinion que ces deux corps n'étaient pas à l'état de sulfure ferrique, ainsi qu'on le croit communément. Il se

(1) L'épithète d'*alunifère* est défectueuse, parce que cette substance ne renferme pas d'alun, mais seulement les éléments de ce sel, qui se forme au moyen de décompositions et de nouvelles combinaisons; j'ai cru cependant devoir l'employer, parce qu'elle a en sa faveur l'autorité d'Haüy, et qu'elle me paraît préférable à celle d'*alumineux*, qui, dans l'état actuel de nos nomenclatures, n'annonce pas la présence de l'alun, mais bien celle de l'alumine, caractère commun à toutes les roches schisteuses.

décompose par les influences météoriques plus facilement encore que le schiste argileux, et se couvre d'efflorescences composées de sulfates de fer et d'alumine; il devient rouge par la calcination. Il forme des couches à texture schisto-compacte, quelquefois terreuse; il est souvent terne, parfois luisant; sa couleur est le noir bleuâtre ou le grisâtre. On l'exploite dans beaucoup de localités pour la préparation de l'alun.

2° L'*ampélite graphique* (*schiste graphique*, *zeichenschiefer*, *pierre d'Italie*, *crayon de charpentiers*, *crayon noir*) est une roche à base d'apparence simple, dont l'analyse a donné à Wieglieb, 0.641 de silice, 0.110 d'alumine, 0.110 de carbone, 0.027 de fer et 0.072 d'eau. Elle devient blanchâtre, jaunâtre ou grisâtre par l'action du feu, se couvre quelquefois d'efflorescences de sulfate de fer et d'alumine. Elle forme des couches à texture schisto-compacte, pèse 2.11, laisse des traces sur la plupart des autres corps, et notamment sur le papier. Son aspect est terne, sa couleur d'un noir grisâtre. On en fait des crayons qui servent aux ouvriers et même aux dessinateurs; on l'emploie aussi en peinture.

Le **calschiste** (*schiste calcarifère*) est une roche à base composée de calcaire et de schiste quelquefois distincts, d'autres fois unis intimement. Il fait effervescence dans l'acide nitrique, mais ne s'y dissout qu'en partie. Il forme des couches à texture généralement schistoïde, souvent schisto-compacte, quelquefois schisto-amygdaloïde, alors la pâte est schisteuse et les noyaux calcaires; d'autres fois la pâte schisteuse est traversée par des veines nombreuses et parallèles de calcaire. Il présente quelquefois de grands feuillets semblables extérieurement à ceux de l'ardoise; tel est le calschiste tégulaire de Lavagna en Ligurie. Il est cohérent (1); sa dureté est analogue à celle du schiste; ses couleurs sont le bleuâtre, le grisâtre, le rougeâtre, le verdâtre, souvent unis, quelquefois veinés ou tachetés de blanc. Le calschiste est parfois *bituminifère* (*schiste marno-bitumineux*, *mergelschiefer*), et alors il est souvent noirâtre ou brun. Le calschiste bituminifère est quelquefois mélangé de chalkopyrite au point qu'on l'exploite, en Thuringe, comme minerai de cuivre, sous le nom de *kupferschiefer*. Le calschiste est assez abondant dans la nature, et y forme souvent le passage entre les schistes et le calcaire.

La **porcellanite** (*thermantide*, *jaspe porcelaine*) est une roche à base d'apparence simple, dont l'analyse a donné à M. Rose 0.608 de silice, 0.273 d'alumine, 0.030 de chaux, 0.037 de potasse et 0.025 de fer.

(1) On peut regarder l'état cohérent comme une propriété du calschiste, parce que, quand cette ubstance devient meuble, elle appartient à l'espèce marne.

Elle est quelquefois fusible au chalumeau, quelquefois infusible. Elle forme des couches à texture schisto-compacte, avec des feuillets parfois très épais, alors la cassure est imparfaitement conchoïde; elle est moins dure que le quartz, mais plus dure que les schistes. Son éclat est luisant; ses couleurs sont le rouge de brique, le gris jaunâtre, quelquefois rubanées. La porcellanite se trouve principalement dans les lieux où il y a eu des incendies de houille, d'où l'on croit qu'elle provient de schistes argileux qui ont été brûlés par ces incendies.

Le **pséphite** est une roche à texture poudingiforme ou bréchiforme principalement composée de fragments de roches schisteuses enveloppés dans une pâte argileuse, formant des couches, des amas, quelquefois des filons souvent peu adhérents, d'autres fois très cohérents. Ses couleurs sont le plus ordinairement le rougeâtre ou le verdâtre, souvent disposées par taches. Les pséphites accompagnent fréquemment les poudingues avec lesquels ils se lient intimement. Ils sont très communs dans les parties des terrains pénéens qui reposent sur des roches schisteuses.

10e *Genre*. — **Roches argileuses** (1).

Les roches argileuses sont composées du mélange de silicates d'alumine et ne se rapportent pas à une espèce minérale déterminée; elles sont ordinairement susceptibles de se délayer dans l'eau, dans le cas contraire, elles n'ont pas la texture schistoïde.

L'**argile** (*argile plastique*, *terre de pipe*, *terre à pot*, *terre glaise*, *derle*) est une roche à base d'apparence simple, composée de silice, d'alumine et d'eau dans des proportions très variables, et souvent accompagnées d'oxyde de fer et d'autres matières. L'analyse de l'argile de Forges en Normandie a donné à Vauquelin 0.63 de silice, 0.16 d'alumine, 0.08 d'oxyde de fer, 0.01 de chaux et 0.10 d'eau. Elle fait avec l'eau une pâte tenace qui conserve les formes qu'on lui imprime, et qui, par l'action du feu, devient dure, fragile, rude au toucher, et perd la faculté de faire une pâte avec l'eau. Elle forme des couches, des amas et des filons à texture terreuse, quelquefois compacte, grenue ou schistoïde. Elle est ordinairement friable ou meuble quand elle est sèche, molle quand elle est

(1) Voir la note placée en tête des roches schisteuses, p. 175.
On pourrait dire que quelques hydrosilicates alumineux simples, notamment l'halloysite et l'allophane sont assez abondants pour figurer dans la série des roches, mais ces matières sont si rarement pures et elles passent tellement de l'une à l'autre que je crois qu'il n'y a nul inconvénient à maintenir la définition qui les exclut.

mouillée. Ses couleurs sont le blanc, le grisâtre, le noirâtre, le brunâtre, le rougeâtre, le jaunâtre, le verdâtre, le bleuâtre, unies ou bigarrées. L'*argile* est souvent *sableuse*, d'autres fois elle est *micacée*, *charbonneuse*, *salifère*, c'est à dire imprégnée de sel marin, *ferrugineuse*, c'est à dire mélangée de limonite ou d'oligiste; mais il serait trop long de faire l'énumération de toutes les associations de ce genre que présente cette subtance. Cette roche est très abondante dans la nature; on l'emploie à faire diverses espèces de poteries, des briques, etc.

La **smectite** (*argile smectique*, *terre à foulon*, *walkererde*, *fuller's earth*) est une roche à base d'apparence simple, dont la composition est très variable. L'analyse de celle de Riegate, dans le comté de Surrey, a donné à Klaproth 0.530 de silice, 0.100 d'alumine, 0.097 d'oxyde ferrique, 0,240 d'eau, 0,012 de magnésie, 0.005 de chaux, 0.001 de selmarin et des traces de potasse. Elle est fusible au chalumeau, se délaye avec facilité dans l'eau, lui donnant une apparence savonneuse et la propriété de dégraisser les étoffes, mais ne fait qu'une pâte courte, c'est à dire très peu ductile. Elle forme des bancs, des amas des filons à texture terreuse, quelquefois compacte ou grenue, à cassure raboteuse. Elle est ordinairement meuble ou friable, présentant parfois des noyaux fragiles; elle est tendre, onctueuse au toucher. Son aspect est terne; ses couleurs sont le grisâtre, le jaunâtre, le verdâtre, le rougeâtre, le brunâtre. La smectite est employée dans les fouleries pour dégraisser et donner le lustre aux draps et aux autres étoffes de laine.

Le **limon** ou *lehm* des Allemands est une roche à base d'apparence simple, composée de silice, d'alumine et d'eau dans des proportions très variables et ordinairement mélangées d'autres matières. Elle se délaye facilement dans l'eau, mais sans faire pâte, lorsqu'elle n'est pas mélangée d'argile; elle forme des couches et des amas ordinairement superficiels à l'état meuble ou friable. Sa couleur est communément jaune-brunâtre, mais sujette à varier. Le limon est quelquefois *sableux*, *argileux*, *ferrugineux* ou *marneux*, selon qu'il est mélangé de sable, d'argile, de limonite, d'oligiste ou de calcaire. Il y a du limon *noir* qui paraît être coloré par une matière organique. Le limon est très abondant dans les vallées et dans les plaines basses. Il est très favorable pour la culture, et forme la base des meilleures terres végétales. Le limon argileux est employé à faire des cloisons, à fixer le chaume sur les toits et même à faire des briques.

La **marne** (1) (*mergel*, *argile calcarifère*, *marl*) est une roche d'appa-

(1) J'ai cru devoir modifier un peu les caractères de l'espèce *marne* tels qu'ils sont donnés dans les ouvrages systématiques, en la restreignant aux matières qui se délayent dans l'eau, ce qui se

rence simple, composée d'argile et de calcaire dans des proportions très variables, d'où on la divise en marne *calcaire* ou *argileuse*, selon que l'un ou l'autre principe est dominant; d'autres fois elle est *sableuse*, c'est à dire mélangée de sable. Elle fait effervescence dans l'acide nitrique, mais ne s'y dissout qu'en partie; elle se délaye dans l'eau, fait quelquefois une pâte plastique, et d'autres fois ne le fait pas. Elle forme des couches, des amas et des filons à texture compacte, terreuse ou grenue. Elle est tendre, friable; happe à la langue. Son aspect est terne; ses couleurs sont le blanc, le gris, le bleuâtre, le verdâtre, le jaunâtre, le rougeâtre, le brunâtre, le noirâtre, unies ou bigarrées. Les marnes sont très abondantes dans la nature; elles forment quelquefois, à elles seules, des dépôts considérables. On les emploie pour l'amendement des terres, et les plus argileuses servent à la fabrication des poteries.

L'**ocre** (*gelberde*) est une roche à base d'apparence simple, composée d'argile et de limonite dans des proportions très variables. Elle prend par la calcination une couleur rouge, se délaye assez communément dans l'eau, fait rarement une pâte plastique, happe à la langue. Elle forme des couches, des amas et des filons à texture terreuse, quelquefois compacte ou grenue; elle est meuble ou friable, souvent douce au toucher. Son aspect est terne; elle présente diverses nuances de jaune et de brun (1). L'ocre est employée en peinture, soit telle qu'elle se trouve dans la nature, soit après avoir été calcinée, ce qui lui donne, comme on l'a vu ci-dessus, une couleur rouge plus ou moins foncée. La variété dite *terre de Sienne*, est très recherchée à cause de sa finesse et de la beauté de ses teintes, qui sont d'un brun jaunâtre dans l'état naturel, et d'un brun orangé après la calcination.

La **sanguine** (*ocre rouge*, *bols*, *crayon rouge*) est une roche à base composée d'argile et d'oligiste dans des proportions très variables. Elle se délaye quelquefois dans l'eau, et d'autres fois ne s'y délaye pas; elle

rapporte davantage à l'usage général, et rend la délimitation de l'espèce plus facile, puisque tous les mélanges d'argile et de calcaire qui ne se délayent pas dans l'eau sont, d'après ce principe, des calcaires argileux ou des calschistes, et non de la marne, ce qui d'ailleurs est plus conforme à l'usage ordinaire, qui ne donne le nom de marnes qu'aux matières qu'on peut répandre sur les terres pour les amender.

(1) On distingue ordinairement les ocres en ocre jaune, ocre brune et ocre rouge: mais cette dernière a une composition différente des deux autres, puisque, au lieu d'être composée d'argile et de limonite, elle est composée d'argile et d'oligiste. Cette circonstance m'a paru commander la division en deux espèces, dont chacune se rapporte à l'une de ces compositions: mais je ne voudrais pas assurer que toutes les matières de couleur rouge dussent être rejetées de l'espèce ocre telle que je viens de la définir; car on sait qu'une très petite quantité d'oxyde rouge de fer suffit pour colorer une quantité considérable de matière jaune, de sorte qu'il serait très possible qu'il y eût des ocres plus ou moins rouges dans lesquelles la quantité de limonite l'emportât sur celle d'oligiste.

ne fait point de pâte plastique. Elle forme des bancs, des amas, des filons et des nids à texture compacte ou terreuse, quelquefois grenue ; elle est tenace, friable ou meuble ; écrivante. Sa couleur est le rouge, variant du rouge de brique au rouge brunâtre. On se sert de la sanguine comme crayon, soit pour tracer les ouvrages grossiers, soit pour les dessins soignés ; mais la manière dont ces crayons tachent les doigts est cause que l'on préfère maintenant ceux de couleur noire. On a aussi employé en médecine, sous les noms de *bols*, *terre d'Arménie*, *terre de Lemnos*, *terre sigillée*, des matières qui paraissent appartenir à cette espèce. On fait encore usage de ces matières dans la composition de la thériaque. On a aussi rapporté à cette espèce la *terre de Bucaros* en Portugal, avec laquelle on fait des poteries légères que l'on dit communiquer un goût agréable à l'eau que l'on y renferme.

L'**argilite** (*argile endurcie*, *verhærteterthon*, *thonstein*) (1) est une roche à base d'apparence simple, principalement composée de silice, d'alumine et d'eau dans des proportions variables. Sa texture est compacte ou grenue. Elle ne se délaye pas dans l'eau ; elle est ordinairement tendre, souvent friable, mais quelquefois très cohérente et assez dure pour rayer le calcaire. Elle forme des couches, peut-être des filons. Ses couleurs sont le jaunâtre, le blanchâtre, le grisâtre, le verdâtre, le brunâtre, le rougeâtre, unies ou bigarrées. L'*argilite* est quelquefois *quartzifère*, *chloritée*, *ferrifère*, *calcarifère*, et se lie ainsi avec beaucoup d'autres roches.

Le **kaolin** (*terre à porcelaine*, *feldspath argiliforme*) est une roche à base d'apparence simple, dont la composition est assez variable. Une analyse a donné à M. Rose 0.520 de silice; 0.470 d'alumine, 0.003 d'oxyde de fer ; mais d'autres analyses annoncent des proportions différentes, ainsi que la présence d'un peu de potasse, qui doit être considérée comme appartenant à du feldspath que l'on n'a pu séparer ; car le kaolin renferme presque toujours du feldspath, du quartz et quelquefois du mica.

(1) J'ai introduit en 1843 dans ma série des roches l'espèce argilite de M. Cordier pour ne plus appeler schiste des matières qui n'ont pas la texture schistoïde, et je disais que l'argilite diffère du schiste parce qu'elle n'a pas la texture schistoïde, du pséphite parce qu'elle n'a pas la texture bréchiforme ou poudingiforme, et de l'argile parce qu'elle ne se délaye pas dans l'eau. Depuis lors j'ai éprouvé des difficultés touchant la place et l'extension qu'il convenait de donner à cette espèce. Car j'y avais rapporté la *gaize de l'argonne*, et j'ai vu que MM. Sauvage et Buvignier avaient trouvé dans cette roche 0.56 de silice hydratée, 0.23 d'autre silice et seulement 0.07 d'argile; de sorte que ce serait une roche quartzeuse plutôt qu'une roche argileuse. D'un autre côté le thonstein des Allemands est une roche tellement dure qu'on hésite à l'associer avec les argilites ordinaires qui sont généralement assez tendres.

En définive ces matières ont besoin d'être revues, et peut-être qu'il y aura lieu d'en séparer une espèce nouvelle qui se rangerait parmi les roches quartzeuses.

Il est infusible au chalumeau, fait difficilement pâte avec l'eau, happe légèrement à la langue. Il forme des amas ou des filons à texture ordinairement terreuse, quelquefois grenue ou compacte; il pèse 2.21, est ordinairement meuble, quelquefois friable, presque rude au toucher. Sa couleur est le blanc, quelquefois jaunâtre, grisâtre, verdâtre ou rougeâtre. Il est employé pour la fabrication de la procelaine. Le meilleur est celui de la Chine.

3e *ORDRE.* — ROCHES FLUORURÉES.

La **fluorine**, substance composée de fluorure calcique, fusible au chalumeau en une perle opaque, souvent décrépitante, forme, indépendamment de ses beaux cristaux, des filons et des rognons à texture laminaire, lamellaire, quelquefois grenue, compacte ou concrétionnée; elle cristallise dans le système cubique, pèse de 3.1 à 3.2, raye le calcaire, est rayée par une pointe d'acier. Elle est quelquefois limpide, d'autres fois, elle est de couleur blanche, violette, bleue, verte, jaune, rouge, etc.; souvent ces couleurs sont très vives et réunies par bandes dans le même échantillon. On l'emploie pour faire des vases et d'autres objets d'ornements.

4e *ORDRE.* — ROCHES CHLORURÉES.

Le **selmarin** est une roche à base simple, mais où le chlorure sodique est fréquemment mélangé de chlorures calcique et magnésique, de sulfates sodique, magnésique et calcique. Il est soluble dans l'eau, attire l'humidité et a une saveur salée. Il pèse de 2.12 à 2,30; il est fragile et rayé par le calcaire; il est ordinairement limpide ou blanc, mais quelquefois coloré accidentellement en rouge, bleu ou gris; il forme des couches, des amas et des rognons à texture compacte, grenue, lamellaire, laminaire et fibreuse. On connaît ses nombreux usages dans l'économie domestique et dans les arts.

5e *ORDRE.* — ROCHES SULFATÉES.

1er *Genre.* — **Roches aluniques.**

L'**alunite** ou *pierre d'alun* est une roche à base simple, composée d'acide sulfurique, d'alumine, de potasse et d'eau, mais qui est toujours mélangée de matières étrangères, surtout de silice et de silicate d'alu-

mine. Elle devient en partie soluble par la calcination, pèse 2.69, raye difficilement le verre et forme des amas et des filons à texture compacte, celluleuse, bréchiforme et terreuse, quelquefois radiée et fibreuse. L'alunite est exploitée pour en retirer, par le grillage et le lavage, de l'alun qui est connu dans le commerce sous le nom d'*alun de Rome*, parce qu'on le prépare à la Tolfa, près de Civita-Vecchia.

2e *Genre*. — **Roches barytiques.**

La **barytine** est une roche à base simple, composée de sulfate de baryte difficilement fusible en émail blanc, pesant 4.7, rayant le calcaire, souvent blanche, quelquefois limpide, jaunâtre, rouge de chair, brunâtre, grisâtre, noirâtre; formant des amas, des filons, des concrétions, des fragments à texture ordinairement laminaire, quelquefois compacte, grenue, fibreuse, radiée et stratoïde; les variétés cristallines se clivent en prisme droit rhomboïdal de 101° 42'. Il y a des variétés *fétide* (*schwerleberspath*), *quartzifère* (*schoharite*) et *fluorinifère*.

3e *Genre*. — **Roches gypseuses.**

La **karsténite** (*anhydrite*, *gypse anhydre*) est une roche à base simple, composée de sulfate de chaux difficilement fusible en émail blanc, pesant de 2.5 à 2.9, rayant le calcaire, de couleur souvent blanche, quelquefois bleuâtre, violâtre, grisâtre, rougeâtre. Elle forme des amas, des couches et des filons à texture compacte, grenue, terreuse, saccharoïde, lamellaire, laminaire et fibreuse. Les variétés cristallines se clivent en prisme rectangulaire droit. Il y en a qui est mélangée de sel marin et d'autre de quartz. La karsténite est quelquefois employée comme pierre de décoration, tels sont le *marbre bleu de Wurtemberg* et le marbre *bardiglio* de Vulpino, près de *Bergame*.

Le **gypse** est une roche à base simple, composée d'hydrosulfate de chaux, donnant de l'eau par la calcination, difficilement fusible au chalumeau en émail blanc, pesant 2.33, rayée par l'ongle, de couleur souvent blanche, d'autres fois jaunâtre, grisâtre, verdâtre, formant des couches, des amas, des filons à texture compacte, grenue, grossière, terreuse, saccharoïde, lamellaire, laminaire; il est quelquefois mélangé d'autres matières, notamment de calcaire. La variété laminaire se clive avec une grande facilité et ses lames sont quelquefois employées au lieu

de verre pour couvrir de petites images. Les variétés compacte et grenue servent, sous le nom d'*albâtre gypseux*, à faire des vases, des pendules, des figures et d'autres objets d'ornements. Le gypse calciné, réduit en poudre, porte le nom de *plâtre;* il est extrêmement utile pour la fabrication du stuc, le moulage des statues, pour faire des mortiers, lesquels toutefois ne doivent point être exposés à l'humidité. Il est aussi employé avec avantage pour favoriser la croissance des fourrages.

6e *ORDRE*. — ROCHES CARBONATÉES.

1er *Genre*. — **Roches calcareuses.**

Le **calcaire** est une des substances les plus abondantes et les plus variées du régne minéral; il est notamment très remarquable par la grande quantité de ses formes cristallines qui s'élèvent à plus de 1500 et dérivent d'un rhomboèdre de 105° 5'. Cette substance pèse 2.723, raye le gypse, est rayée par la fluorine, donne de la chaux par la calcination et fait une effervescence plus ou moins vive dans l'acide nitrique. Elle présente un grand nombre de modifications dont nous allons indiquer les principales :

1° Le *calcaire laminaire*, qui se clive facilement en donnant le rhomboèdre primitif; il est ordinairement limpide ou blanc, mais quelquefois coloré par des matières étrangères. C'est le minéral qui jouit au plus haut degré de la double réfraction.

2° Le *calcaire lamellaire* est ordinairement de couleur blanche; il est, en général, susceptible de prendre un beau poli : tel est le *marbre de Paros*.

3° Le *calcaire saccharoïde* prend aussi un beau poli, et, lorsqu'il est de couleur blanche, on le considère comme *marbre statuaire*, parce qu'il est très propre à faire des statues : tel est le *marbre de Carrare*. D'autres fois, le calcaire saccharoïde est d'un gris bleuâtre nuancé, et alors on l'appelle *marbre bleu turquin*.

4° Le *calcaire compacte* est une des roches les plus abondantes de la nature, et qui fournit une grande quantité de matériaux de construction, des marbres de diverses nuances, des pierres à lithographier, etc. Il passe souvent au *calcaire schistoïde* et à d'autres variétés de texture.

5° La *craie* est un calcaire écrivant, d'une texture grenue passant à la texture compacte, plus ou moins friable et de couleur blanche. On considère quelquefois comme craie des substances grises, vertes et noi-

râtres, mais ces variétés appartiennent en général au calcaire chlorité et à la marne. La craie est assez abondante dans la nature ; elle sert comme pierre à bâtir lorsqu'elle n'est pas trop friable ; on l'emploie aussi comme crayon pour tracer des traits ; on en fait usage pour les peintures grossières ; certaines variétés friables sont recherchées pour l'amendement des terres et confondues avec la marne par les cultivateurs.

6° Le *tuffeau* est un calcaire plus ou moins friable, d'une texture grenue passant à la texture grossière, non écrivant, ordinairement jaunâtre, quelquefois jaune-verdâtre. On l'emploie comme pierre à bâtir, et pour l'amendement des terres.

7° Le *calcaire grossier* a une texture très variable qui passe en quelque manière de la texture compacte aux textures conglomérées ; il est communément fort impur ; sa couleur ordinaire est le jaunâtre, passant quelquefois au blanchâtre, au brunâtre et au verdâtre. Sa cohérence varie depuis l'état arénacé jusqu'à celui de pierre très solide. Il est très favorable pour l'architecture et il a exercé une grande influence sur la beauté des monuments de Paris.

8° Les marbriers italiens ont donné le nom de *lumachelle* à un calcaire presque entièrement composé de débris de coquilles, qui fournit quelquefois des marbres remarquables par leurs reflets nacrés ; et, quoique ce calcaire ne soit qu'un accident dans ce qu'on appelle aussi *calcaire coquillier*, *calcaire madréporique*, *calcaire pseudomorphique*, qui ne sont eux-mêmes que des accidents qui se reproduisent dans la plupart des autres variétés, nous avons cru devoir citer ici la lumachelle, parce que c'est une dénomination dont on se sert souvent dans les descriptions géognostiques.

9° L'*oolite* est un calcaire à texture oolitique, c'est à dire composée d'une agglomération de petits grains ou de petits noyaux de diverses grosseurs. On a donné le nom d'*oolite miliaire* à celle qui est formée de parties de la grosseur d'un grain de millet. On en fait d'excellentes pierres à bâtir ; les parties qui se trouvent au jour ont souvent beaucoup de tendance à se diviser en plaques, que, dans certaines contrées, on emploie à couvrir les toits.

10° La *cargneule*, ou calcaire celluleux, se distingue par les petites cavités dont elle est plus ou moins criblée, ce qui ne l'empêche pas d'être souvent fort tenace. Elle passe fréquemment à la dolomie.

11° La *brèche*, ou calcaire à texture bréchiforme, n'est, en général, qu'un accident des autres calcaires. Elle paraît être quelquefois le résultat de la fracture d'un calcaire préexistant dont les fragments ont été ensuite réunis par une pâte ; mais il paraît que le plus souvent sa

texture provient du fendillement par retrait que les masses ont éprouvé, et du remplissage de ces fentes par des concrétions calcaires. Il y a des brèches dont on fait des marbres très estimés, telles sont celles de Villette en Tarentaise, de Seravezza en Toscane, la *brocatelle d'Espagne*, etc.

12° Le *calcaire poudingiforme* est composé de parties qui sont ordinairement moins liées que celles de la brèche, et il se rencontre moins fréquemment; il forme cependant quelquefois des dépôts considérables au pied des montagnes.

13° Le *calcaire concrétionné* présente des textures très variées; tantôt il constitue des masses strato-compactes, strato-grenues, strato-lamellaires, strato-celluleuses; d'autres fois, il se compose de parties mamelonnées, fistuleuses, coralloïdes, globuleuses, plus ou moins adhérentes entre elles; il y en a aussi de terreux ou d'arénacé. Sa couleur est ordinairement le jaunâtre. Il donne parfois d'excellentes pierres de construction, tel est le *travertin* employé dans les monuments de Rome. Des variétés translucides sont susceptibles de servir à faire des statues et d'autres objets de décorations, on leur donne alors le nom d'*albâtre oriental*.

14° Le *calcaire charbonneux* (1) est ainsi nommé parce qu'il renferme une certaine quantité de carbone dans un état qui paraît analogue à celui de l'anthracite, ce qui lui donne une couleur bleuâtre, passant au grisâtre et au noirâtre, et qui se perd par la calcination. Cette variété fournit beaucoup de marbres noirs, noirs et blancs, gris et blancs, gris et rouges, gris, etc.

15° Le *calcaire bituminifère* est imprégné de matières bitumineuses qui manifestent leur présence par l'odeur qui s'exhale, soit naturellement, soit par le frottement, soit par l'échauffement. Le bitume donne souvent à cette variété une couleur noirâtre, brunâtre ou grisâtre; d'autres fois elle est jaunâtre, verdâtre et même blanchâtre. On l'exploite quelquefois pour en retirer du bitume.

16° Le *calcaire fétide* (*pierre de porc*, *pierre puante*) dégage par le frottement et par la percussion une odeur hépatique très prononcée, qui est probablement due à de l'acide sulfhydrique. Cette variété se confond quelquefois avec les deux précédentes, en ce que celles-ci sont souvent fétides; mais, comme il y a du calcaire fétide qui paraît ne contenir ni charbon ni bitume, on doit l'admettre comme variété distincte.

(1) J'ai préféré l'épithète de *charbonneux*, comme dénomination minéralogique, à celles d'*anthraxifère* et de *carbonifère*, parce que celles-ci sont souvent employées comme dénominations géognostiques. Le *calp* et le *lucullite* me semblent pouvoir être considérés comme appartenant au calcaire charbonneux.

17° Le *calcaire argileux* est mélangé de matières argileuses qui se déposent au fond du vase lorsqu'on le fait dissoudre dans un acide. On peut ranger dans cette variété les substances que l'on appelle *pierres à chaux hydraulique*, parce qu'elles donnent une chaux très favorable pour les constructions hydrauliques.

18° Le *calcaire siliceux* est mélangé de silex, soit d'une manière tout à fait intime, et alors il passe à une variété de silex que l'on désigne quelquefois sous le nom de *silicicalce;* mais souvent aussi les parties de calcaire et de silex, quoique unies intimement sur les bords, ne sont réellement qu'enchevêtrées l'une dans l'autre et se distinguent à l'œil nu. Ce calcaire passe de cette manière à la meulière, qui ressemble à certains calcaires siliceux dont les parties calcaires auraient été enlevées par un dissolvant.

19° Le *calcaire sableux* ou *quartzifère* contient des grains de quartz. C'est une variété qui n'a rien de constant, mais qui est très commune, la nature présentant, presque partout où il y a du calcaire, des passages de celui-ci au grès, au macigno ou au psammite.

20° Le *calcaire chlorité*, aussi nommé *glauconie*, est un calcaire plus ou moins mélangé de chlorite, laquelle se présente ordinairement sous la forme de grains verts ou noirs et se fond quelquefois dans la masse en lui donnant une couleur uniforme ou bigarrée. Sa texture est souvent grenue, d'autres fois compacte, grossière ou arénacée; d'où l'on voit que cette variété rentre dans plusieurs des précédentes, principalement dans le calcaire grossier, le tuffeau et la craie; le calcaire chlorité est plus souvent friable ou meuble que tenace, et passe fréquemment à la marne, au macigno, au psammite, au grès, au sable, etc.

21° On peut aussi indiquer des *calcaires feldspathique, grenatique, pyroxénique*, c'est à dire renfermant des cristaux de feldspath, de grenat, de pyroxène, etc.

Le **cipolin** est une roche à base phanérogène, composée de calcaire et de mica. Elle forme des couches, des amas, peut-être des filons. Le calcaire a ordinairement la texture saccharoïde, quelquefois compacte; le mica forme souvent des veines ou des bandes minces; d'autres fois il est disséminé dans la masse. L'ensemble de la roche est fréquemment schistoïde, d'autres fois bréchiforme. Le cipolin est ordinairement blanc avec des veines grisâtres; d'autres fois il est grisâtre, etc. Il est souvent susceptible d'un beau poli et employé comme marbre, quelquefois même comme marbre statuaire.

L'**ophicalce** est une roche à base phanérogène, composée de calcaire dominant et de talc ou autres substances confondues avec le talc. Elle

forme des couches, des amas, peut-être des filons à texture saccharoïde, compacte, bréchiforme; quelquefois les matières talqueuses forment des espèces de réseaux qui enveloppent des noyaux calcaires très rapprochés les uns des autres. La couleur des matières talqueuses est souvent verdâtre, et celle du calcaire blanche; quelquefois celui-ci est rougeâtre.

L'ophicalce se confond, d'un côté, avec le calcaire, et, de l'autre, avec les stéaschistes et les ophiolites. Elle est ordinairement subordonnée dans les stéaschistes, peut-être dans les ophiolites. Elle donne des marbres estimés, tels sont le *vert antique*, le *marbre campan*, le *polzevera*, le *serancolin*, etc.

On considère, minéralogiquement parlant, la **dolomie** comme une combinaison d'un atome de carbonate calcique avec un atome de carbonate magnésique; mais, comme les masses sont rarement composées de cette manière, nous ne devons y voir ici qu'un mélange de calcaire et de giobertite. Cette roche se dissout lentement et souvent sans effervescence dans l'acide nitrique, elle pèse de 2.86 à 2.88, raye le calcaire, mais sa consistance varie de l'état tenace à l'état meuble; elle forme des couches, des amas, des filons à texture compacte, saccharoïde, lamellaire, grenue, celluleuse, arénacée et terreuse, de couleur souvent grise, quelquefois jaunâtre, blanchâtre, bleuâtre, noirâtre; ses masses ont souvent un aspect bouleversé et des formes déchiquetées qui rappellent celles des porphyres; elle est employée pour la bâtisse, et les variétés tenaces sont recherchées pour faire des pavés.

2e *Genre*. — **Roches giobertiques.**

La **giobertite** ou carbonate magnésique, ordinairement mélangée de silicates magnésiques, mérite à peine de figurer dans la série des roches. Elle forme cependant des filons dans les ophiolites, et on l'a exploitée à Baldissero, en Piémont, pour faire de la porcelaine.

TROISIÈME CLASSE. — ROCHES COMBUSTIBLES OU CHARBONNEUSES.

Les roches combustibles ou charbonneuses font partie de ces matières que nous avons déjà signalées comme se rapprochant plus des produits organiques que des minéraux proprement dits.

L'**anthracite** ou *charbon éclatant* est presque entièrement composée de carbone, auquel se joignent de petites quantités d'oxygène, d'hydrogène, quelquefois un peu de nitrogène, ainsi que quelques matières terreuses; mais celles-ci ne s'y trouvent que par voie de mélange. Elle se brise souvent en éclats par l'action du feu et brûle difficilement sans flamme ni fumée; sa poussière a une odeur de charbon. Elle forme des couches, des amas, des rognons, des grains, des enduits; sa texture est schistoïde, compacte ou terreuse; elle se divise quelquefois en prismes rhomboïdaux, que l'on a parfois assimilés à des solides de clivage, mais qui n'ont pas des angles constants. Elle pèse de 1.5 à 1.8; elle est tendre, opaque. Sa couleur est noire, son éclat est luisant, quelquefois métallique ou terne. Elle est employée comme combustible, mais elle ne peut, en général, s'allumer qu'au moyen d'autres matières, et plusieurs variétés ne peuvent servir que dans les fourneaux où il se produit une chaleur considérable; aussi voit-on souvent des parties d'anthracite qui se trouvaient dans la houille sortir intactes des foyers ordinaires.

La **houille** ou *charbon de terre* contient plus d'hydrogène et d'oxygène que l'anthracite, mais sa composition est très variable, et M. Regnault y distingue quatre modifications principales dans lesquelles la proportion de carbone diminue successivement de 0.89 à 0.76, et qu'il désigne par les noms de houilles grasses dures, de houilles grasses maréchales, de houilles grasses à longues flammes et de houilles sèches à longues flammes. La houille s'allume avec facilité et brûle en donnant une flamme plus ou moins longue, une fumée noire; elle se gonfle et se fond pendant la combustion, de manière à ce que les morceaux se collent entre eux. Si on arrête la combustion, lorsque la houille cesse de flamber, et que l'on opère sur des variétés qui contiennent peu de matières terreuses, on obtient un charbon dur, léger, celluleux, à éclat métallique, que l'on appelle *coke*. La houille donne à la distillation des matières bitumineuses, de l'eau, des gaz, souvent de l'ammoniaque. Les matières bitumineuses, soumises, de leur côté, à la distillation, donnent de la naphtaline. La houille forme des couches, des amas, des rognons, des grains; sa texture est schistoïde, compacte, terreuse; elle se divise quelquefois en prismes rhomboïdaux, que l'on a aussi assimilés aux solides de clivage, mais qui, de même que ceux de l'anthracite, n'ont pas des angles constants. Elle pèse 1.3262; elle est plus tendre que l'anthracite, plus dure que le bitume; sa couleur est le noir plus ou moins foncé, rarement brunâtre; elle est quelquefois irisée, ordinairement luisante, parfois terne, toujours opaque. La houille est très abondante dans la nature; c'est une des substances minérales les plus

utiles à l'homme; on s'en sert principalement comme combustible; on en retire aussi du goudron pour enduire les objets exposés à l'humidité et du gaz pour l'éclairage. Ce sont les houilles grasses à longues flammes de M. Regnault qui sont les plus propres à cet usage. Il y a aussi dans cette division une variété que les Anglais nomment *cannel coal* ou charbon chandelle, parce qu'elle brûle avec une flamme brillante, et qui est susceptible d'être taillée pour faire des vases et d'autres objets d'ornement.

Le **lignite** (*braunkohle*) a une composition qui diffère de celle de la houille par la présence d'une plus grande quantité d'oxygène et parce que le goudron que l'on en retire ne contient pas de napthaline; il s'allume et brûle avec facilité en donnant de la flamme, une fumée noire, une odeur bitumineuse, souvent fétide et sans boursouflement; il présente, lorsqu'il a cessé de flamber, un charbon semblable à la braise et qui conserve la forme des fragments. Il dégage par la distillation des matières bitumineuses et de l'eau chargée d'acide acétique. Il présente des couches, des amas, des rognons, des nids, des grains, ainsi que des formes d'arbres, de fruits, etc. Sa texture est compacte, terreuse, schistoïde, fibreuse et organique végétale; il se divise quelquefois en solides analogues à ceux de la houille. Sa couleur est ordinairement le brun noirâtre passant au noir, rarement au roussâtre; son aspect est quelquefois résineux, d'autres fois luisant, souvent terne. Le lignite est plus répandu, mais moins abondant dans la nature que la houille. Il est généralement employé comme combustible; plusieurs variétés sont même confondues avec la houille sèche et avec l'anthracite. Lorsqu'il est assez dur et assez compacte pour prendre le poli, et qu'il est d'un beau noir, on lui donne le nom de *jayet*, et on le taille pour faire des bijoux de deuil et d'autres ornements. On emploie dans la peinture, sous le nom de *terre d'ombre* de Cologne, un lignite terreux brun noirâtre. D'autres variétés de lignites ordinairement terreux sont employées à l'amendement des terres, soit après avoir été calcinées, et alors on les appelle *cendres rouges;* soit dans leur état naturel, et alors on les appelle *cendres noires*.

La **tourbe** contient plus d'oxygène que les espèces précédentes de charbons, et sa composition se rapproche davantage de celle des végétaux. Elle brûle facilement avec ou sans flamme, donnant une fumée analogue à celle des herbes sèches ou du tabac et en laissant une braise très légère. Elle donne par la distillation de l'acide acétique, une matière huileuse et du gaz. Elle forme des amas, quelquefois des couches et des nids, à textures compacte, terreuse, végétale, ressemblant parfois à une

espèce de feutre spongieux formé de fibres de végétaux. Sa pesanteur spécifique varie selon la texture ; elle est tendre et friable ; elle est opaque, de couleur brune passant au noirâtre et au roussâtre. La tourbe est abondante dans les parties septentrionales de la zone tempérée ; on l'emploie comme combustible, et elle est d'une grande ressource dans les contrées où le bois est rare ; mais, à cause de son odeur, on lui préfère ce dernier, ainsi que la bonne houille. Ses cendres sont très recherchées dans l'agriculture pour développer la végétation des fourrages.

LIVRE III.

DE LA GÉOGNOSIE.

La *géognosie* a pour but de faire connaître l'arrangement des matériaux qui composent l'écorce du globe terrestre; mais, comme on ne peut jamais voir d'un seul coup d'œil l'ensemble de cet arrangement, et que, d'un autre côté, plusieurs de ces matériaux ont été plus ou moins déplacés de leur position normale, cette étude, indépendamment de l'examen de la position actuelle de ces matériaux, qui est ce que l'on appelle leurs *caractères stratigraphiques*, a besoin de s'aider de la connaissance de leur nature, c'est à dire de leurs *caractères minéralogiques*, et de celle des débris de corps vivants qui se trouvent dans leur intérieur, qui est ce que l'on appelle leurs *caractères paléontologiques*. Nous ne reviendrons pas ici sur les seconds de ces caractères dont nous avons parlé dans le livre précédent; mais, quoique l'étude spéciale des corps organisés enfouis dans l'écorce de la terre fasse partie de la *botanique* et de la *zoologie*, il est indispensable que nous donnions quelques considérations générales sur ces corps que l'on désigne par le nom de *fossiles*.

CHAPITRE Ier.

DE LA STRUCTURE DE LA TERRE.

Idée générale. — La terre, prise dans le sens le plus étendu que l'on attribue à ce nom, peut être considérée comme composée de *trois enveloppes* et d'un *noyau central*.

La première enveloppe extérieure est connue sous le nom d'**atmosphère;** elle est entièrement à l'état gazeux, et, d'après ce que nous en connaissons, elle est presque entièrement composée d'*air*, substance dont nous avons fait connaître les caractères, page 137. Nous nous bornerons, en conséquence, à ajouter que l'atmosphère forme, avec les parties liquides et solides de la terre, un sphéroïde concentrique où la différence proportionnelle de l'axe avec le diamètre qui passe par l'équateur est plus grande que dans le sphéroïde intérieur. La densité de l'air étant 10440 fois moindre que celle du mercure, et, dans nos latitudes moyennes, l'atmosphère, prise au niveau de la mer, faisant équilibre à une colonne de mercure de 762 millimètres, on pourrait en conclure que la hauteur de l'atmosphère serait de 7955 mètres, si sa densité était toujours la même; mais, l'air étant un corps soumis aux lois de la pesanteur, sa densité va toujours en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la surface de la terre, de sorte que l'atmosphère s'étend à une bien plus grande hauteur. On n'a pas de moyens pour calculer d'une manière très exacte l'étendue de l'atmosphère; cependant, la manière dont la lumière du soleil se manifeste encore par l'effet de la réfraction lorsque cet astre est au dessous de l'horizon, fournit quelques moyens d'observations, et MM. Bravais et Martens ont conclu de vingt et une observations cré-

pusculaires faites au sommet du Faulhorn, à l'altitude de 2688 mètres, que la limite supérieure de l'atmosphère pouvait s'élever à 115000 mètres au dessus du niveau de la mer.

La seconde enveloppe de la terre, qui est interrompue sur plusieurs portions du globe, se compose des **eaux**, corps dont nous avons également indiqué les caractères, page 188, et dont la distribution à la surface de la terre est exposée dans la *Géographie*.

Quant au **noyau central**, il nous est tout à fait inconnu ; mais on verra dans la *Géogénie* qu'il y a lieu de supposer qu'il est à l'état liquide.

Il ne nous reste donc à étudier ici que la troisième enveloppe qui est une **écorce solide**. Cette écorce paraît entourer tout le globe terrestre, mais sa vue nous est souvent cachée par les eaux. Elle est traversée par une multitude de *joints* qui la divisent en *masses* plus ou moins séparées, lesquelles varient par leurs *formes* et par leur *allure*.

Les **joints** qui se trouvent **dans l'écorce terrestre** peuvent être rangés dans cinq modifications que nous appelons *joints de texture*, *joints de stratification*, *joints d'injection*, *fissures* et *failles*.

Les **joints de texture** diffèrent des autres parce qu'ils ne donnent pas naissance à des masses, mais qu'ils déterminent seulement les textures cristalline, feuilletée et conglomérée qu'affectent certaines substances minérales, et que, au lieu d'établir de véritables solutions de continuité entre les parties qu'ils séparent, il y a communément plus ou moins d'adhérence entre ces parties.

Les **joints de stratification** ont pour caractère principal de ne jamais se couper, ni de couper d'autres joints ; ils ont aussi de la tendance à être parallèles et à se prolonger sur une étendue considérable, surtout lorsque leur position est à peu près horizontale.

Les **joints d'injection** ont pour caractère principal de couper les joints de stratification ; comme il arrive quelquefois qu'ils se propagent sur une certaine étendue parallèlement à ces derniers, sans que l'on aperçoive le point d'intersection, on ne peut alors les distinguer que par la circonstance que la masse qu'ils limitent est de la nature de celles qui sont ordinairement limitées par des joints d'injection et non par des joints de stratification.

Les **fissures** ont pour caractère principal d'établir de nouvelles divisions dans les masses limitées par les joints de stratification et d'injection ; mais il est très difficile d'exprimer d'une manière générale les moyens de les distinguer de ces joints, et souvent cette distinction ne peut se faire que par un ensemble de circonstances que l'usage seul

apprend à apprécier. Un caractère cependant qui s'observe dans les fissures, et qui n'a pas lieu dans les joints de stratification et d'injection, c'est qu'elles se perdent au milieu d'une même masse. On peut dire aussi que les fissures sont plus irrégulières, qu'elles sont plus rarement parallèles que les autres joints, et que les solides qu'elles limitent ont plus souvent la forme de prismes irréguliers, dont les dimensions sont ordinairement moins étendues que celles des masses limitées par les joints de stratification ou d'injection, et qui surtout présentent rarement les formes aplaties qui caractérisent les masses séparées par les joints de stratification.

Les fissures sont parfois restreintes dans une même masse, mais d'autres fois la même fissure se propage dans un grand nombre de masses distinctes en croisant les autres joints sous des angles plus ou moins ouverts. Du reste, quoiqu'il n'y ait en général aucun rapport entre les fissures et les joints de stratification, on remarque que celles-là sont souvent perpendiculaires à ceux-ci; et, quoique la combinaison de ces deux espèces de joints tende à diviser l'écorce du globe en prismes irréguliers, il arrive quelquefois, notamment dans les basaltes, que ces prismes présentent une certaine régularité.

Les **failles** ne sont à la rigueur que de grandes fissures qui se propagent sur une longueur considérable et qui concordent avec un dérangement dans le niveau des parties correspondantes; de manière que la même assise se retrouve à un niveau plus haut ou plus bas d'un côté de la fissure que de l'autre, comme si l'un des deux massifs s'était élevé, tandis que l'autre serait demeuré en place ou aurait fait un mouvement en sens contraire.

Les **masses** dans lesquelles l'écorce de la terre se trouve divisée présentent un grand nombre de *formes* que l'on distingue en *originelles* et *accidentelles* : ces dernières sont déterminées par les fissures et les failles et ne donnent pas lieu à une étude spéciale, mais il n'en est pas de même des formes originelles dans lesquelles on peut distinguer cinq catégories principales, que l'on désigne par les noms de *couches*, de *typhons* , de *filons*, de *coulées* et d'*amas*.

Les **couches** ou *strates* sont des masses beaucoup plus étendues dans le sens de leur longueur et de leur largeur que dans celui de leur épaisseur, et qui sont posées les unes sur les autres, sans croiser ni couper d'autres masses. Les deux faces d'une couche sont souvent parallèles, mais il arrive parfois que la couche éprouve des renflements et des rétrécissements plus ou moins considérables.

Les mots *bancs* et *lits* sont quelquefois considérés comme synonymes

de couches; mais ordinairement on les applique plus spécialement aux couches d'une nature particulière qui se trouvent intercalées dans un système de couches d'une autre espèce, avec cette distinction que le nom de *banc* se donne de préférence à des couches cohérentes, tandis que celui de *lit* est plus ordinairement employé pour désigner des couches meubles; ainsi on dira qu'une montagne est composée de couches de calcaire, renfermant des bancs de silex et des lits d'argile.

Par le nom de *nappes* on désigne aussi des couches particulières qui diffèrent des masses avoisinantes, mais qui, au lieu d'être intercalées dans celles-ci, comme les bancs, forment l'assise superficielle du massif.

Les **typhons**, plus communément appelés *masses non stratifiées*, sont des parties de l'écorce du globe qui présentent une épaisseur considérable sans être divisées en couches, mais deux circonstances sont cause qu'il est souvent très difficile de distinguer ces masses des roches stratifiées : la première, c'est que des couches d'une épaisseur considérable pourraient être prises pour des typhons, la seconde c'est que ces masses étant ordinairement traversées par une grande quantité de fissures, il est très difficile de savoir si, parmi les joints que l'on aperçoit, il n'y en a pas qui soient le résultat de la stratification. Du reste, il est probable que les typhons que nous voyons à la surface de la terre ne sont que des protubérances d'immenses masses qui composeraient de grandes portions de l'écorce terrestre.

Les **filons** sont des masses minérales qui ont, comme les couches, une longueur plus considérable que leur épaisseur; mais ils diffèrent des couches en ce qu'ils coupent dans diverses directions les masses minérales dans lesquelles ils sont intercalés, et se coupent aussi les uns les autres lorsqu'ils se rencontrent avec des directions différentes.

Les filons se divisent en plusieurs branches, se développent en certains endroits, se resserrent dans d'autres, s'interrompent même tout à fait pour reparaître un peu plus loin. Les matières qui les composent sont ordinairement différentes de celles des masses qu'elles traversent, ou tout au moins elles présentent des caractères particuliers.

On peut distinguer dans les filons quatre modifications principales que nous désignons par les noms de *filons coniques* ou *culots*, de *filons muriformes* ou *dykes*, de *filons proprement dits* ou *cristallins*, et de *filons fragmentaires*.

Les **culots** ont une forme plus ou moins conique; ils sont quelquefois entièrement cachés dans les matières qu'ils traversent, mais d'autres fois ils forment au-dessus de celles-ci des élévations plus ou moins con-

sidérables. Il est probable que ces masses se prolongent jusqu'à des typhons inférieurs dont on peut les considérer comme des appendices.

Les **dykes** diffèrent des culots en ce que, au lieu d'avoir la forme de cône, ils donnent le plus souvent l'idée de murs plus ou moins épais qui se prolongent au milieu de roches de nature différente. Il est probable que, de même que les culots, ils se rattachent intérieurement à des typhons de même nature.

Les **filons proprement dits** renferment ordinairement une grande variété de substances à l'état cristallin et forment les gîtes les plus abondants de minéraux, surtout des substances métalliques. On peut toujours y distinguer des matières principales et des matières accessoires; celles-ci sont disséminées dans les premières en cristaux, en grains et en veines, ou elles alternent avec elles par bandes minces, ou enfin elles se trouvent dans des cavités dont elles tapissent les parois. Dans les filons métallifères, les parties non métalliques qui forment communément la partie principale sont désignées par le nom de *gangue*. Lorsque plusieurs branches de ces filons ou lorsque plusieurs filons différents sont rapprochés les uns des autres, la masse qui se trouve, pour ainsi dire, pénétrée par un réseau de filons est appelée *stockwerk* par les mineurs allemands.

Les **filons fragmentaires** sont en général composés de fragments plus ou moins gros ou de matières meubles. Ils se terminent quelquefois vers la surface de la terre par des espèces de chapeaux qui sont stratifiés en forme de bassins : on en remarque qui ont leur plus grande largeur vers le haut et qui ne s'étendent pas à une grande profondeur; d'autres fois ils se lient intimement dans leur partie inférieure avec des filons cristallins. Quand ces filons meubles ont une certaine puissance et sont composés de diverses matières, il arrive souvent que ces matières s'enchevêtrent et s'entrelacent les unes dans les autres dans toute l'étendue connue du filon.

Les **coulées** sont ordinairement des masses superficielles qui ont pour caractère principal de présenter la forme d'un torrent qui se serait subitement solidifié.

On appelle **amas** des masses qui ne sont pas assez étendues pour être rangées dans les typhons, dont les formes s'éloignent trop de celles d'une nappe, d'un mur, d'un cône ou d'un torrent, pour qu'on les appelle couches, filons ou coulées, et qui sont trop volumineuses pour être réputées fragments. Mais, comme il n'y a aucune limite tracée à ce sujet, et, en supposant qu'il y en eût, comme il arrive souvent que l'on ne peut apprécier les dimensions des masses minérales, on sent que l'ap-

plication du nom d'amas est fort arbitraire ; du reste, on laisse ce nom à des masses qui composent des collines entières, et à d'autres qui n'ont que quelques mètres cubes.

Les amas sont ordinairement intercalés dans des masses de nature différente, et alors ils ont souvent la forme de boudins, d'œufs, d'amandes ou de lentilles, mais dans des proportions gigantesques ; d'autres fois, ils sont déposés à la surface du sol, et alors ils prennent souvent la forme de poches ou de bateaux. En général les amas ne sont que des couches ou des filons qui n'ont pas les dimensions en longueur et en largeur qui caractérisent ces masses ; dans le premier cas on leur donne ordinairement le nom d'*amas couchés*.

On entend par **allure d'une masse minérale** l'ensemble des circonstances relatives à la position et à la puissance de cette masse. On dit que l'*allure* est *régulière* quand ces diverses circonstances demeurent à peu près les mêmes sur une grande étendue, et qu'elle est *irrégulière* lorsqu'elles éprouvent des variations considérables.

Comme les masses minérales sont rarement parfaitement horizontales, on distingue ordinairement dans leur position une *direction* et une *inclinaison*. Cette dernière est l'angle que forme le plan de la masse avec l'horizon, auquel on ajoute la désignation du point vers lequel il plonge ; ainsi l'on dit que telle masse est inclinée de tant de degrés, plonge à l'est, à l'ouest, etc., ou simplement qu'elle plonge vers tel point, sous tel angle. La direction d'une masse est celle d'une ligne horizontale menée sur son plan ; indiquer la direction, c'est assigner les points de l'horizon vers lesquels cette ligne se dirige. On doit remarquer que la direction et l'inclinaison étant à angle droit, on peut conclure la première de la seconde : ainsi, dire qu'une masse plonge à l'est ou à l'ouest, c'est indiquer tacitement qu'elle se dirige du nord au sud. En prenant l'inclinaison et la direction d'une masse, on fait abstraction des sinuosités ; de même qu'en indiquant la direction d'une rivière on fait abstraction de tous ses détours.

Quoiqu'il soit très rare que des masses minérales aient une position parfaitement horizontale, on est dans l'habitude d'appeler *stratification horizontale* celles des couches qui ne penchent que d'un petit nombre de degrés, et *stratification inclinée* ou *relevée* celle des couches qui sont fortement inclinées ou mêmes verticales. Lorsque deux systèmes de couches en contact conservent leur parallélisme, on dit que ces systèmes sont en *stratification concordante ;* lorsque, au contraire, l'inclinaison est différente, on dit qu'ils sont en *stratification discordante*. Enfin, lorsqu'un système supérieur, dépassant les limites du système inférieur, s'étend

sur plus d'un système, on dit que la *stratification* est *transgressive*, soit qu'il y ait concordance ou discordance dans l'inclinaison.

Lorsqu'un système de couches est disposé de manière que celles-ci remplissent une dépression du sol inférieur, et sont par conséquent plus relevées sur les bords que vers le milieu, on dit que ces couches forment un *bassin;* si, au contraire, c'est le milieu qui est le plus élevé, on dit que ces couches forment une *voûte* ou une *selle*. La ligne qui passe par la partie la plus basse d'un bassin se nomme *ligne synclinale*, tandis que celle qui passe par le sommet d'une voûte est appelée *ligne anticlinale*. Ces dénominations s'appliquent également, selon le cas, à toute ligne qui est censée représenter l'intersection de deux inclinaisons en sens opposés, lors même que les deux systèmes de couches sont séparés par une dépression du sol ou par une masse minérale différente.

Lorsque l'on voit au jour les épaisseurs des couches, on dit qu'elles présentent leurs *têtes* ou leurs *tranches*, selon que la partie que l'on veut désigner forme le sommet ou le côté du système de couches.

L'écorce du globe renferme aussi des **cavités souterraines** que l'on désigne par diverses dénominations qui tirent leur origine de leur forme, des idiomes locaux ou des événements, souvent fabuleux, que l'on suppose s'y être passés.

En général on donne le nom de *cavernes* à celles de ces cavités qui présentent une certaine étendue, et qui se composent ordinairement d'une série de renflements et d'étranglements, c'est à dire d'espèces de salles plus ou moins vastes qui communiquent entre elles par des couloirs plus ou moins resserrés.

Les cavernes sont en général tortueuses et se ramifient en diverses branches. Elles ont toutes sortes de directions : les unes courent dans un sens parallèle au sol; d'autres s'enfoncent, comme des puits, vers l'intérieur de la terre. Tantôt elles ont une ouverture au jour; d'autres fois elles sont tout à fait masquées, et l'on ne découvre leur existence que par des travaux souterrains. Tantôt elles renferment de vastes réservoirs d'eau; ailleurs elles servent à l'écoulement de rivières souterraines, et l'on voit quelquefois des fleuves qui se perdent en tout ou en partie dans une caverne pour reparaître à des distances plus ou moins éloignées.

Les parois des cavernes sont presque toujours très inégales, hérissées d'aspérités et creusées par des excavations irrégulières qui pénètrent plus ou moins dans le rocher, souvent elles sont décorées par des concrétions calcaires qui prennent diverses formes, telles que celles de mamelons, de stalactites, de colonnes, de draperies, et qui brillent quelquefois de l'éclat le plus vif lorsque la lumière vient frapper leurs parois.

Le nom de *grotte* est souvent employé comme synonyme de celui de caverne; cependant on l'applique plus communément aux petites cavernes qui ne se composent que d'une seule salle.

Lorsque des cavités, au lieu de présenter des espèces de salles, traversent entièrement des massifs étroits, on leur donne les noms de *ponts naturels*, *rochers troués*, etc.

On désigne ordinairement par le nom de *fours à cristaux* des cavités dont les parois sont tapissées de cristaux, et dont les dimensions ont quelques rapports avec celles des fours à cuire le pain; lorsque les cavités de ce genre deviennent trop petites pour être rapportées à un four, on leur donne le nom de *géodes*.

Au surplus, de même qu'il y a un passage des grandes vallées aux petites crevasses que l'on remarque dans un rocher gercé, la nature présente aussi des passages depuis les immenses cavernes, qui ont plusieurs myriamètres d'étendue, jusqu'aux pores, imperceptibles à l'œil, dont la physique nous apprend l'existence au milieu de corps à texture compacte.

CHAPITRE II.

DES FOSSILES.

Les fossiles ne sont pas répandus au hasard dans l'écorce du globe, et l'étude comparative de leur nature, ainsi que de leur position, a fait connaître que leur **distribution** est soumise à certaines règles et qu'ils peuvent être divisés **en groupes** distincts, lesquels, lorsqu'ils sont en contact, sont toujours superposés dans un ordre constant, mais la science n'est pas encore assez avancée pour que l'on soit d'accord sur le nombre et l'indépendance de ces groupes, d'autant plus que, en supposant que cette indépendance ait lieu, on conçoit que des remaniements postérieurs aient pu mêler des débris d'êtres qui auraient vécu à des époques différentes. Aussi, tandis que quelques géologues croient que ces groupes forment une série dont les termes sont liés entre eux, beaucoup de paléontologistes pensent maintenant que les fossiles se divisent en groupes complétement indépendants les uns des autres, et l'on a été jusqu'à admettre une trentaine de faunes dont aucune espèce ne passerait de l'une dans l'autre (1). Ce qui est certain, c'est que quand on compare deux groupes, éloignés dans la série, on ne trouve aucune espèce commune, du moins parmi les animaux supérieurs aux infusoires.

Lorsque l'on examine la série des fossiles, telle que nous la connaissons maintenant, et après l'avoir rangée dans l'ordre des superpositions,

(1) On sait que l'on appelle *faune* l'ensemble des animaux et *flore* l'ensemble des végétaux qui vivent dans une contrée ou bien pendant une période donnée.

on remarque que la partie supérieure annonce, comme la nature actuelle, la présence de beaucoup de *mammifères;* que la partie moyenne se distingue par une grande quantité de *sauriens* qui prennent souvent des dimensions gigantesques; et qu'il existe dans la partie inférieure une famille de crustacés auxquels on a donné le nom de *trilobites*, famille qui ne se retrouve plus dans les assises supérieures.

Nous partons de cette état de choses pour établir trois divisions de premier rang que nous désignons par les dénominations de *groupes des mammifères*, *des grands sauriens*, et *des trilobites*, en ne prenant pas toutefois ces noms dans un sens exclusif, car il y a des sauriens dans les trois groupes et l'on trouve quelques mammifères dans le groupe des grands sauriens.

Nous subdivisons le **groupe des mammifères** en trois groupes de second rang que nous distinguons par les épithètes chronologiques de *moderne*, *quaternaire* et *tertiaire*.

Le **groupe moderne** ou *actuel*, qui est tout à fait superficiel se compose de débris qui, sauf un petit nombre d'exceptions, appartiennent à des espèces actuellement vivantes et qui sont accompagnées de restes de l'industrie humaine. Ces corps ont peu changé de composition, de manière que les os et les coquilles conservent encore leurs principes gélatineux et que les parties ligneuses des végétaux n'ont éprouvé qu'une faible altération. Nous ne nous occuperons pas des distinctions que l'on pourrait établir dans ce groupe, attendu qu'elles sont plutôt du domaine de l'archéologue que de celui du naturaliste, car les formes des êtres vivants n'ayant pas changé sensiblement dans cette période, c'est principalement par l'étude des monuments de l'industrie humaine que l'on parvient à établir ces distinctions.

Dans le **groupe quaternaire**, les coquilles et les autres débris d'animaux inférieurs sont encore généralement semblables à ceux des espèces actuelles, mais les débris d'animaux supérieurs annoncent un assez grand nombre d'espèces qui n'existent plus, mais qui, le plus ordinairement, du moins en Europe, appartiennent à des genres actuellement existants. Les grands pachydermes, tels que les éléphants, les rhinocéros, les hippopotames, y étaient très abondants et s'étendaient dans des contrées où il ne s'en trouve plus maintenant. Ces débris, quoique plus altérés que ceux du groupe moderne, n'ont pas non plus éprouvé une transformation complète. Les bois conservent généralement leur tissu ligneux, les coquilles et les os retiennent encore une partie de leurs principes gélatineux. On a même trouvé dans les terrains glacés de la Sibérie des cadavres d'éléphants et de rhinocéros qui avaient

conservé leurs poils, leurs peaux et leurs chairs. Quelques géologues croient qu'il existe aussi avec ces débris des preuves de l'existence de l'homme et citent à l'appui de cette opinion des haches en silex, des ossements d'animaux portant des traces de l'action d'instruments tranchants et même quelques ossements humains. Mais la conséquence que l'on tire de ces faits est encore contestée, parce que, en ce qui concerne les haches et les rares ossements humains, ces objets n'ont été trouvés jusqu'à présent, que dans un petit nombre de localités et toujours dans des cavernes ou dans des dépôts meubles qui n'étaient pas recouverts par des couches cohérentes; de sorte qu'ils pourraient y avoir été introduits par des circonstances postérieures à la formation du dépôt. Cette objection n'est point applicable aux ossements atteints par des instruments tranchants, puisque ces ossements appartiennent à des espèces évidemment quaternaires, mais la science ne s'est pas encore définitivement prononcée sur ce fait que M. Lartet a fait connaître il y a quelques mois (1).

Le **groupe tertiaire** se compose en général d'espèces qui n'existent plus, mais qui annoncent une distribution des types organiques analogue à celle qui a lieu maintenant dans les régions tropicales, car les différences selon les latitudes y sont moins prononcées qu'actuellement. Ces débris ont en général éprouvé des altérations considérables, il y en a même, surtout parmi les végétaux, qui sont tout à fait pétrifiés, mais le plus grand nombre conserve encore des matières organiques. C'est ainsi que l'on retrouve dans des ossements et dans des coquilles une partie de leurs principes gélatineux et que les bois passés à l'état charbonneux ont souvent conservé leur texture végétale.

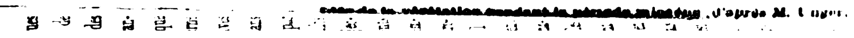
On distingue ordinairement dans ce groupe trois subdivisions auxquelles on donne les noms de *pliocène*, *miocène* et *éocène*.

Le **groupe pliocène** a tant de rapports avec le groupe quaternaire qu'il reste beaucoup d'incertitudes sur la ligne de démarcation. La plupart des espèces se rangent encore dans des genres actuels, mais il y en a aussi beaucoup qui appartiennent à des genres qui n'existent plus; tels sont les mastodontes, grands pachydermes voisins des éléphants; les hipparions, autres pachydermes voisins des chevaux; les machairodes, carnassiers voisins des chats, etc.

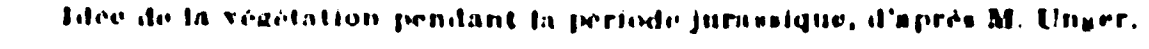
Dans le **groupe miocène** le nombre de genres éteints est plus considérable, nous citerons, entre autres, les dinothères, les anthracothères, les hyénodons, les amphicyons, etc.

Dans le **groupe éocène** il y a très peu de genres actuels et les mam-

(1) Biblioth. univ. de Genève, 1860, VIII, 193.



[illegible] de la végétation pendant la période miocène, d'après M. Unger.



Idée de la végétation pendant la période jurassique, d'après M. Unger.

mifères y sont principalement représentés par les paléothères, les lophiodons, les chéropotames, les anoplothères, les dichobunes et d'autres pachydermes différents de nos animaux actuels et qui ne se rapprochent que de certains genres anomaux qui restent, en quelque manière, sur la terre pour lier les temps modernes avec les temps anciens.

Le **groupe des grands sauriens**, plus souvent appelé *secondaire*, présente des restes d'une nature vivante extrêmement différente de ce qui existe actuellement. Il se pourrait même qu'il ne contînt point de mammifères monodelphes, car le petit nombre de débris d'animaux à sang chaud que l'on y a trouvé jusqu'à présent paraissent appartenir exclusivement aux didelphes et aux oiseaux, mais les vertébrés s'y montrent principalement sous la forme de grands sauriens, tels que les mégalosaures, les téléosaures, les ichthyosaures, les plésiosaures, les iguanodons, les ptérodactyles, dont les uns ont des dimensions si gigantesques, qu'ils dépassent tout ce que la zone torride nous offre maintenant de plus développé, et dont les autres sont doués de formes si différentes de ce que nous voyons autour de nous, que, si des squelettes presque entiers n'étaient venus confirmer les premières prévisions des anatomistes, on croirait que des imaginations malades pouvaient seules concevoir l'existence de semblables êtres; ces débris de reptiles sont accompagnés d'une immense quantité de coquilles, surtout de céphalopodes, dont quelques-unes, telles que les ammonites et les bélemnites, diffèrent tant de ce qui existe actuellement, que les naturalistes ont beaucoup de peine à être d'accord sur la manière dont leurs animaux les portaient. Les végétaux qui accompagnent ces débris d'animaux annoncent aussi un ordre de choses très différent de ce qui se passe maintenant, mais qui se rapproche beaucoup plus de ce qui a lieu sur les côtes des mers équatoriales que de ce qui existe dans nos zones tempérées.

La composition de ces débris est aussi plus changée que celle des restes compris dans les groupes supérieurs ; les os et les coquilles ne présentent plus en général que des matières minérales, celles dites animales ayant presque entièrement disparu, et les substances végétales sont transformées en lignite et en houille, ou même remplacées par des matières terreuses.

Nous distinguons dans ce groupe trois grandes divisions que nous désignons par les épithètes de *crétacée*, *jurassique* et *permienne*.

Le **groupe crétacé** ne présente dans sa partie supérieure que peu de ces animaux extraordinaires que nous venons de signaler, mais ceux-ci deviennent plus communs à mesure que l'on s'enfonce; et l'on y trouve

quelques genres très remarquables qui n'ont pas été rencontrés ailleurs : tels sont les énormes sauriens nommés mosasaure et iguanodon.

Le **groupe jurassique** présente au contraire une grande abondance sous le rapport des genres, des espèces et des individus de tous ces animaux extraodinaires ; c'est là que se trouvent principalement les ichthyosaures, les plésiosaures, les ptérodactyles, ainsi qu'une multitude d'ammonites et de bélemnites.

Dans le **groupe permien** les sauriens sont moins abondants, moins grands et appartiennent, à peu d'exceptions près, à des genres spéciaux. On n'y a pas encore rencontré de belemnites et les ammonites ne se montrent que dans les assises supérieures. Ce groupe, dans l'extension que nous lui donnons (1) se partage en deux divisions, très distinctes, que nous désignons par les épithètes de *triasique* et de *pénéenne*.

Parmi les genres du **groupe triasique**, qui ne se sont pas propagés dans les groupes supérieurs, nous citerons les nothosaures, les simosaures, les mastodonsaures chez les reptiles ; les célacanthes, les paléonisques, les saurichtys, les placodes chez les poissons, les cératites chez les céphalopodes.

Le **groupe pénéen** renferme très peu de reptiles, lesquels appartiennent à des genres qui lui sont propres, tels que les protorosaures et les paléosaures. Quant aux animaux des autres classes, ils forment également, pour la plus grande partie des genres spéciaux, mais il y en a aussi que se sont perpétués dans les dépôts supérieurs et d'autres qui ne se retrouvent que dans les dépôts inférieurs. Parmi ces derniers nous citerons les pygoptères et les acrolepis pour les poissons ; les murchisonies, les productes, les chonètes et les fenestelles pour les mollusques.

Le **groupe des tribolites**, ordinairement appelé *primaire*, présente une nature organique plus différente de la nature actuelle que tous les groupes supérieurs. Les restes de reptiles y sont excessivement rares et ceux que l'on a pu déterminer forment des genres voisins des poissons que l'on a nommés archegosaure, terlepeton et stagonolepis. Les poissons y appartiennent exclusivement aux plagiostomes et aux ganoïdes, il y en a dans le nombre qui sont si extraordinaires que ce n'est qu'avec hésitation qu'on les a rapporté à cette classe. Les crustacés s'y distinguent, ainsi que nous l'avons déjà dit, par l'importante famille des trilobites qui s'étend dans tout le groupe. Les céphalopodes y sont aussi très abondants et présentent beaucoup de genres qui ne se sont plus retrouvés dans les autres groupes; tels sont les ascocères, les cyrtocères,

(1) Voir, pour ce qui concerne l'extension et le classement que j'attribue au groupe permien, la note placée ci-après à l'article du terrain de ce nom.



Idée de la végétation pendant la période triasique, d'après M. Unger



Idée de la végétation pendant la période houillère, d'après M. Unger.

les lituites, les gyrocères, les bactrites, les clyménies. Les brachiopodes y ont un développement plus considérable que dans aucun autre groupe et beaucoup de leurs genres ne s'étendent pas au delà de celui-ci, tels sont les pentamères, les orthis, les strophomènes, les stringocéphales, les uncites, les calcéoles, les oboles, etc. Les crinoïdes et les anthozoaires présentent également un immense développement dans ce groupe ; ils y appartiennent en général à des genres qui lui sont propres. Parmi ces genres il en est de si singuliers que l'on n'est point encore d'accord sur leur classement, tels sont les graptolites. On trouve avec ces débris d'animaux des restes d'une grande quantité de plantes qui annoncent une force de végétation bien supérieure à ce qui a maintenant lieu dans les savanes les plus chaudes de la zone torride, et qui présentent des espèces et des genres actuellement inconnus appartenant presque entièrement à la classe des cryptogames acrogènes, si peu nombreuse maintenant en comparaison des phanérogames. Rien n'annonce qu'il y ait parmi les faunes et les flores de ce groupe des différences déterminées par les latitudes, car les fossiles des contrées polaires ne diffèrent pas plus de ceux des contrées équinoxiales que ceux-ci ne diffèrent entre eux.

Ces corps ont en général subi une transformation complète : tantôt ils sont passés à l'état de houille et d'anthracite, tantôt ils sont tout à fait pétrifiés, c'est à dire qu'ils ont la même composition que les pierres dans lesquelles ils sont renfermés, et que souvent l'existence des matières animales n'est plus annoncée que par une odeur fétide qui se dégage lorsqu'on brise la pierre.

Le nombre des espèces fossiles est immense et les recherches paléonlologiques en font journellement découvrir de nouvelles. Alcide d'Orbigny les évaluait, en 1850, à 18000 pour les seuls animaux mollusques et rayonnés, si nous ajoutons 4000 pour le reste du règne animal et pour le règne végétal, ainsi que pour les découvertes faites depuis lors on aurait un total de 22000 que l'on pourrait répartir de la manière suivante :

Groupe des mammifères	Quaternaire		200
	Tertiaire	pliocène	200
		miocène	3.500
		éocène	3.000
Groupe des grands sauriens	Crétacé		4.500
	Jurassique		4.000
	Permien	triasique	1.000
		pénéen	200
Groupe des trilobites			3.800
		Total	22.000

CHAPITRE III.

DE LA CLASSIFICATION DES TERRAINS.

Définition des terrains. — Les matériaux qui composent l'écorce du globe terrestre, et que l'on désigne d'une manière générale par le nom de *dépôts* (1), se divisent en *roches*, lorsqu'on les envisage sous le rapport de leur nature, ainsi qu'on l'a vu dans la minéralogie; mais ils se divisent en *terrains* (2) lorsqu'on les considère sous le rapport de la position qu'ils occupent et de la manière dont ils s'associent entre eux, circonstances qui résultent du mode et de l'époque de leur formation.

Liaison des terrains. — La série des terrains, comme toutes les autres séries de corps naturels, présentant beaucoup de liaisons entre ses diverses parties, les nombreux rapports de leurs termes s'établissant en manière de réseau plutôt qu'en série unique, et les différences n'étant en général bien tranchées qu'autant que l'on compare des termes éloignés, on conçoit qu'il y a plusieurs manières de classer les terrains selon les

(1) Quelques géologues restreignent le nom de *dépôt* aux matières qui ont été *déposées* par les eaux, et pensent qu'il ne peut être appliqué à celles qui ont été *poussées* de l'intérieur; mais, dans cette manière de voir, on n'a pas de nom pour désigner les parties de l'écorce terrestre dont le mode de formation n'est pas connu ou qui se composent de matières qui se rattachent aux deux modes de formation, ce qui est un grand inconvénient.

(2) Je considère le mot *terrain* comme s'appliquant aux divisions de divers rangs, et je crois que cette marche ne mérite pas le reproche qu'on lui a fait en l'assimilant à celle qui donnerait également le titre de classe, d'ordre ou de genre, à des divisions de valeurs différentes, puisque je n'affecte pas de rang déterminé au nom de terrain. Il me semble qu'il n'y a aucun inconvénient à ce que je dise, par exemple, *terrain jurassique*, quoique j'aie dit *terrains secondaires*, ni *terrain oxfordien*, quoique j'aie dit *terrains secondaires* et *terrain jurassique*. Cette marche est plus simple et plus conforme à l'usage que celle qui force à dire chaque fois, sous-ordre crétacé, étage oxfordien, etc., car outre qu'il y a quelque chose de prétentieux à répéter trop souvent les termes didactiques qui servent d'échafaudage aux classifications scientifiques, il en résulterait quelquefois de la confusion, parce que les géologues sont loin d'être d'accord sur la valeur à donner à ces dénominations; c'est ainsi, par exemple, que le mot *système*, qui pour les uns exprime un des derniers degrés de la classification, répond pour d'autres à l'un des termes les plus élevés.

Quant au mot *formation*, qui a été souvent employé dans le sens que je donne à terrain, il me paraît convenable de le réserver pour son véritable sens, c'est à dire pour ce qui a rapport au phénomène de la formation et non à ses produits.

divers points de vue d'où partent les personnes qui s'occupent de cette étude, laquelle d'ailleurs est encore fort nouvelle.

Le tableau suivant fait connaître la **classification que nous suivrons dans cet ouvrage** (1).

(1) Je ne répéterai point ici tout ce que j'ai dit dans les *Éléments de géologie* pour expliquer et justifier la classification et la nomenclature que j'ai adoptées, d'autant plus qu'une partie de ces considérations est devenue maintenant sans objet, du moins en ce qui concerne la classification, mais je crois devoir dire quelques mots sur la nomenclature.

Il y a encore, parmi les géologues, deux grands systèmes de nomenclature en présence : celui qui se sert de dénominations minéralogiques accompagnées d'indications tirées, soit de la position stratigraphique, soit de fossiles caractéristiques, soit d'une localité typique ; l'autre qui donne aux diverses divisions des noms spéciaux, créés sous formes adjectives, mais qui s'emploient aussi comme substantifs.

Ces deux modes ont leurs avantages et leurs inconvénients.

Le premier était très bon lorsque l'on croyait, avec Werner, que chaque période chronologique avait donné naissance à des dépôts de nature particulière ; mais depuis qu'il est reconnu que des dépôts faits à une même époque et de la même manière peuvent être de nature complétement différente, selon les lieux, ce système de nomenclature conduit à des idées fausses ; car, si je dis, par exemple, qu'un des plus puissants dépôts du Maine appartient à la craie chloritée, on ne se doutera pas que je veux indiquer des sables et des poudingues ferrugineux.

Le second système a, au contraire, l'avantage de n'employer que des noms donnant l'idée que l'on attribue aux objets dont on parle ; ainsi, dans l'exemple cité ci-dessus, lorsque je dis qu'il y a dans le Maine un puissant dépôt de sables et de poudingues de l'étage crétacé moyen, on conçoit à l'instant qu'il s'agit de sables et de poudingues, et qu'en outre ces sables et ces poudingues ont été déposés pendant la période que j'appelle crétacée moyenne.

Toutefois, quels que soient les avantages de ce système, il a des inconvénients lorsqu'on le pousse trop loin. On sait en effet qu'une série de dépôts, qui se distinguent nettement par des caractères particuliers dans une contrée, peut être représentée ailleurs par un dépôt dans lequel on ne retrouve pas les distinctions que l'on a reconnues dans la contrée plus favorisée. Je pense donc que l'on doit être très réservé dans l'adoption de ces divisions à noms spéciaux, et que l'on doit se borner à indiquer leurs subdivisions par des noms minéralogiques combinés avec la localité. C'est ainsi, par exemple, que, au lieu d'admettre plusieurs noms systématiques, tels que turonien, cénomanien, albien, aptien, etc., pour désigner les diverses parties de ce que j'appelle étage crétacé moyen, je dirai que, dans le bassin de Paris, les membres principaux de cet étage sont : le tuffeau de Touraine, les sables du Maine, la marne argileuse du Perthois et les sables verts de Montiéremey. Cette marche, qui fait mieux connaître ce dont il s'agit, a aussi l'avantage d'éviter des confusions lorsqu'il y a divergence ou changement dans la classification. Si, par exemple, j'avais décrit, dans mes éditions précédentes, le calcaire de Purbeck (*Purbeck Limestone*) en le désignant uniquement sous le nom de calcaire veldien, cette description serait une cause d'erreur maintenant que l'on a reconnu que ce calcaire doit être rangé dans le terrain jurassique ; mais, comme je l'ai décrit sous le nom de calcaire de Purbeck, la description peut toujours servir, et l'on verra facilement, en consultant un ouvrage plus nouveau, que le changement introduit se borne à faire passer la ligne qui sépare le terrain crétacé du terrain jurassique entre l'argile du Weald et le calcaire de Purbeck, au lieu de la faire passer entre celui-ci et le calcaire de Portland.

Parmi les auteurs qui ont créé des noms systématiques, l'un des plus heureux a été Alcide d'Orbigny, car beaucoup de géologues ont adopté les noms, en grande partie nouveaux, qu'il a donnés aux vingt-six étages qu'il distinguait dans l'écorce du globe terrestre. Je n'ai pas cru devoir suivre la même marche. D'abord parce que, au lieu d'adopter des noms nouveaux, je crois qu'il est plus convenable de se servir, autant que possible, des noms antérieurs, lors même que l'on en modifie l'acception, de même que presque tous les naturalistes ont conservé les noms de genres de Linnéus, tout en donnant d'autres limites à ces genres. Je crois, d'un autre côté, que, au lieu de multiplier les noms systématiques, il est préférable, lorsque les circonstances s'y prêtent, de ne distinguer les divisions d'un étage que par les épithètes de supérieur, moyen et inférieur. On évite de cette manière de créer des noms nouveaux ou de donner à des anciens noms une acception différente de celle qu'ils avaient reçue originairement.

Tableau synoptique des terrains.

CLASSES.	ORDRES.	SOUS-ORDRES.	ÉTAGES.	SYSTÈMES ou MEMBRES PRIS POUR TYPES.
TERRAINS NEPTUNIENS.	Terrains modernes.	Terrain madréporique		Banc de madrépores.
		Terrain tourbeux		Tourbe.
		Terrain détritique		Terre végétale. Terres vierges. Sables mouvants. Sables salifères. Eboulis. Moraines.
		Terrain alluvien	fluviatile	Alluvions
			marin	Dunes. Levées. Dépôts des plages. Dépots du fond de la mer.
		Terrain tufacé	terrestre	Tuf calcaire. Minerais des marais, etc. Incrustations sulfureuses.
			marin	Tuf marin.
	Terrains quaternaires			Plages émergées. Anciennes moraines. Blocs erratiques. Dépots de limon. Diluvion. Brèches osseuses. Ossements des cavernes. Travertin.
	Terrains tertiaires	Terrain pliocène		Sables subapennins. Marnes subapennines. Crag du Suffolkshire.
		Terrain miocène	supérieur	Falun de Touraine.
			moyen	Calcaire de la Beauce. Meulières de Meudon.
			inférieur	Grès de Fontainebleau.
		Terrain éocène	supérieur	Calcaire de la Brie. Gypse de Montmartre. Calcaire de Saint-Ouen.
			moyen	Grès de Beauchamp. Caillasses de Paris. Calcaire grossier de Paris.
			inférieur	Sables de Cuise. Lignites du Soissonnais. Sables de Bracheux. Argile plastique de Paris. Poudingue de Nemours. Calcaire de Rilly.

CLASSES.	ORDRES.	SOUS-ORDRES.	ÉTAGES.	SYSTÈMES ou MEMBRES PRIS POUR TYPES.
TERRAINS NEPTUNIENS (*suite*).	Terrains secondaires.	Terrain crétacé.	supérieur .	Calcaire pisolitique de Meudon.
				Tuffeau de Maestricht.
				Craie de Champagne.
			moyen . .	Tuffeau de Touraine.
				Sables du Maine.
				Marne argileuse du Perthois.
				Sables verts de Montiéremey.
			inférieur. .	Limonite de Saint-Dizier.
				Calcaire de Vandeuvre.
				Sables ferrugineux de Vassy.
		Terr. jurassique.	portlandien.	*Purbeck limestone.*
				Portland stone.
				Portland sand.
				Kimmeridge clay.
			oxfordien .	*Oxfort oolite.*
				Coral rag.
				Calcareous grit.
				Oxford clay.
				Kelloway rock.
			bathonien .	*Corn brash.*
				Forest marble.
				Bradford clay.
				Bath oolite.
				Fuller's earth.
				Inferior oolite.
			liasique . .	*Upper lias.*
				Marlstone.
				Lower lias.
		Terrain permien.	triasique. .	*Keuper.*
				Muschelkalk.
				Grès bigarré.
			pénéen . .	*Zechstein.*
				Kupferschiefer.
				Rothliegende.
	Terrains primaires.	Terrain houiller.	supérieur .	Houille de Liége.
			moyen . .	Ampélite de Chokier.
			inferieur. .	Calcaire de Tournay.
		Terr. dévonien .	supérieur .	Schistes de Famenne.
			moyen . .	Calcaire de Givet.
			inférieur. .	Poudingue de Burnot.
		Terrain rhénan.	supérieur .	Psammites de l'Ahr.
			moyen . .	Quartzites du Hundsrück.
			inferieur. .	Poudingues de Feppin.

CLASSES.	ORDRES.	SOUS-ORDRES.	ÉTAGES.	SYSTÈMES OU MEMBRES PRIS POUR TYPES.
TERRAINS NEPTUNIENS (*suite*).	Terrains primaires (*suite*).	Terrain silurien.	supérieur .	Psammites de Ludlow. Calcaire d'Aymestry. Schiste de Ludlow. Calcaire de Wenlock.
			inférieur. .	Psammites de Llandovery. Psammites de Caradoc. Phyllades de Llandeilo.
		Terrain cambrien		Système de festiniog. Système de Longmind.
		Terrain cristallophyllien . . .		Stéaschistes. Micaschistes. Gneiss.
TERRAINS PLUTONIENS.	Terrains agalysiens.	Terrain granitique		Granites, etc.
		Terrain porphyrique		Porphyres, etc.
		Terrain ophiolitique		Ophiolites, etc.
		Terrain trappéen.		Trapps, etc.
	Terrains pyroïdes.	Terrain trachytique.		massif et cristallin. congloméré et meuble.
		Terrain basaltique		massif et cristallin. congloméré et meuble.
		Terrain volcanique		Laves. congloméré et meuble.

Avant de passer en revue les principaux caractères de ces diverses divisions, nous croyons devoir donner quelques notions sur d'**autres classifications**, tant pour mettre à même de comprendre les ouvrages qui suivent ces classifications qu'afin de pouvoir employer, dans certaines circonstances, des dénominations permettant d'indiquer, d'une manière plus concise, des rapports qui groupent les dépôts d'une autre façon que la méthode que nous avons adoptée.

Nous dirons en premier lieu que l'on ajoute souvent aux deux classes indiquées dans notre tableau une troisième classe intermédiaire nommée *terrains métamorphiques* et composée de terrains neptuniens que l'on suppose avoir été modifiés par des émanations gazeuses ou par le voisinage de roches plutoniennes qui n'étaient pas encore refroidies. Mais, quelque importante que soit cette catégorie de dépôts, il nous semble qu'elle ne doit pas être séparée des terrains neptuniens, d'autant plus

que la ligne de démarcation entre les dépôts qui ont subi l'action métamorphique et ceux qui ne l'ont pas éprouvée est à peu près impossible à tirer.

D'un autre côté, Dumont a proposé (1) d'établir, sous la dénomination de *terrains geiseriens* (2), une classe particulière composée des matières qui forment les filons cristallins et meubles, matières qui en effet ne peuvent se ranger convenablement dans les terrains plutoniens, neptuniens et métamorphiques. Mais, comme ces matières ne forment qu'une minime partie de l'écorce terrestre en comparaison des autres classes et qu'elles sont disséminées dans celles-ci, nous nous bornerons à les indiquer en parlant des masses dans lesquelles elles sont intercalées.

On divise aussi l'écorce du globe en *terrains de sédiments* et *terrains de cristallisation*, classification qui s'écarte très peu de celle que nous avons suivie, car presque tous les terrains de sédiments sont compris dans les terrains neptuniens et presque tous les terrains plutoniens sont compris dans les terrains de cristallisation. Mais il est à remarquer qu'une partie des terrains neptuniens qui ont subi l'action métamorphique doit aussi se ranger dans les terrains de cristallisation.

D'autres géologues établissent trois grandes divisions sous les noms de *néozoïques*, *paléozoïques* et *azoïques* c'est à dire qui recèlent des débris d'animaux, soit nouveaux, soit anciens ou qui n'en recèlent pas; mais cette marche a l'inconvénient d'établir une division principale sur un caractère négatif dont l'application rigoureuse conduit à des résultats inexacts, puisqu'il est reconnu maintenant, ainsi qu'on le verra dans la Géogénie, que le métamorphisme fait disparaître les traces des corps organisés qui existaient dans les roches.

On a employé pendant longtemps des classifications uniquement fondées sur l'époque de formation et qui divisaient les terrains en *primitifs* et *secondaires*, c'est à dire antérieurs ou postérieurs à l'existence des corps organisés; mais les difficultés d'application ont fait ajouter à cette division binaire, une troisième classe intermédiaire sous le nom de *terrain de transition*, qui comprenait des terrains postérieurs à l'existence des êtres organisés, mais qui avaient encore beaucoup de ressemblance avec ceux nommés primitifs. Du reste, comme nous employons l'épithète de secondaire pour désigner un ordre de nos terrains neptuniens, nous nous servirons des dénominations de *terrains primordiaux*

(1) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1852, t. XIX, p. 18.

(2) Le nom de *geiserien* est tiré de la supposition que les filons ont été formés par des sources minérales de la même manière que les dépôts des geysers d'Islande.

et de *terrains secondiaux* lorsque nous voudrons désigner l'ensemble des terrains tant neptuniens que plutoniens considérés uniquement d'après leur époque de formation, en comprenant dans la première de ces classes les dépôts de l'âge des terrains primaires, et dans la seconde ceux de l'âge de nos terrains secondaires, tertiaires, quaternaires et modernes. On peut dire que distribués de cette manière les terrains primordiaux sont principalement composés de roches à texture cristalline, qu'ils sont souvent traversés par de nombreux filons, que quand ils sont stratifiés leurs couches sont fréquemment inclinées ou repliées, et que leurs fossiles, quand ils en contiennent, appartiennent exclusivement au groupe que nous avons indiqué ci-dessus comme caractérisé par la présence des trilobites. D'un autre côté, la partie neptunienne des terrains secondiaux renferme les fossiles des autres groupes, sa stratification est plus souvent horizontale; ses roches sont généralement calcareuses, quartzeuses et argileuses. La partie plutonienne est principalement composée de roches feldspathiques et pyroxéniques, disposées en dykes, en culots et en coulées.

On a quelquefois divisé l'écorce du globe en *terrains cohérents* et en *terrains meubles*, ou en *terrains en place* et en *terrains de transport*. Les deux premières de ces dénominations n'expriment à la rigueur que des modifications de texture; mais comme la partie la plus extérieure de l'écorce du globe est ordinairement formée d'une espèce de pellicule, composée de dépôts meubles, appartenant à divers modes et à diverses époques de formation, on est assez généralement dans l'habitude de désigner ces dépôts par la dénomination générique de *terrains meubles superficiels*. Quant aux mots de *terrains en place* et de *terrains de transport*, ils se rapportent à l'idée qu'une partie de l'écorce du globe est composée de roches demeurées à la place où elles ont été formées, tandis qu'une autre partie est composée de fragments et de débris transportés d'un autre lieu (1).

(1) Les dénominations de *terrains* ou de *roches en place*, et de *terrains* ou de *roches de transport*, rapportées ci-dessus, et qui ont joué de grands rôles dans la géologie, sont extrêmement vicieuses. La première l'est sous le rapport grammatical aussi bien que sous le rapport géologique; car les corps transportés d'un lieu dans un autre se trouvent dans la *place* qui leur a été donnée par des phénomènes naturels, aussi bien que ceux qui sont demeurés dans la *place* où ils ont été formés. D'un autre côté, les *roches* que l'on appelle *en place* sont rarement dans leur *place originaire*; car, ainsi qu'on le verra dans la Géogénie, la plupart de ces roches, notamment toutes celles en couches inclinées, ne sont pas demeurées dans la *place* où elles ont été consolidées; sans compter que les éléments qui composent toutes les *roches* dites *en place* n'ont pas été formés sur la place où se trouvent ces roches, mais qu'ils y ont été *transportés* de distances plus ou moins éloignées; de sorte qu'à la rigueur toute la différence qu'il y a entre les *roches dites en place* et les *dépôts dits de transport*, c'est que les matières qui composent ces derniers ont été transportés en fragments assez volumineux pour que l'on reconnaisse leurs

formes antérieures, tandis que les autres ont été transportées dans un état de division qui ne permet plus de reconnaître ces formes antérieures. Or, comme, entre l'état des molécules en dissolution complète et celui de gros blocs de roches cohérentes, il y a une infinité de modifications intermédiaires, la distinction entre les terrains en place et les terrains de transport est souvent d'une application impossible.

Du reste, quels que soient les défauts des expressions de *roches en place* ou *de transport*, il est quelquefois impossible de se dispenser d'y recourir; car si l'expression de *roches en masses* équivaut souvent à celle de *roches en place* pour celles qui forment des masses, il n'en est pas de même pour les roches en fragments puisque nous n'avons pas d'autres dénominations pour faire sentir la différence qu'il y a entre le rognon qui se trouve dans la *place* ou du moins dans la *masse* où il a été formé, et celui qui, enlevé de cette masse, a été transporté dans un dépôt postérieur; mais il est à remarquer qu'il ne s'agit dans ces rapports que de considérations purement géogéniques, qui, d'après ce que nous avons déjà dit, doivent demeurer étrangères à la géognosie.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION PARTICULIÈRE DES TERRAINS.

PREMIÈRE CLASSE. — TERRAINS NEPTUNIENS (1).

Caractères généraux. — Les terrains neptuniens sont généralement stratifiés et principalement composés de roches calcareuses, quartzeuses, argileuses, schisteuses et charbonneuses; ils renferment aussi des roches talqueuses et micacées dans celles de leurs parties qui se rapprochent des terrains plutoniens, et, quant aux roches feldspathiques et pyroxéniques qui se rencontrent dans ces terrains, il paraît qu'elles appartiennent, en général, aux terrains plutoniens, qui souvent s'intercalent sous la forme de filons, d'amas et de coulées dans les terrains neptuniens. Ces derniers recèlent, en général, beaucoup de corps organisés, du moins dans les assises supérieures, car ces corps ne s'aperçoivent pas dans les assises inferieures.

Division. — Nous divisons les terrains neptuniens en cinq ordres, qui se rapportent à leur superposition respective, et que nous désignons par les dénominations de *terrains modernes*, *quaternaires*, *tertiaires*, *secondaires* et *primaires*.

(1) Cette classe comprend les *terrains marins*, ceux d'*eau douce*, ceux de *sédiments* et les *schistes cristallins* des auteurs.

1er ORDRE. — TERRAINS MODERNES (1).

Caractères généraux. — Les terrains modernes sont principalement caractérisés par la présence des monuments de l'industrie humaine, et par celle de corps organisés semblables à ceux qui vivent actuellement. Les dépôts meubles y sont beaucoup plus abondants que les dépôts cohérents, et ces derniers ne sont, en général, composés que de roches calcareuses.

Division. — Nous les divisons en cinq groupes, que nous désignons par les dénominations de *terrains madréporique*, *tourbeux*, *détritique*, *alluvien* et *tufacé* (2).

1er *Sous-ordre.* — **Terrain madréporique** (3).

Les masses que nous appelons *terrain madréporique* ne sont pas composées de véritables substances minérales; aussi n'est-ce point dans les traités de minéralogie que l'on doit en chercher la description, mais bien dans ceux de zoologie; car ces masses se composent des portions solides d'animaux marins, principalement de ceux que les anciens naturalistes désignaient par le nom de madrépores. Cependant comme elles recouvrent des espaces considérables, on ne peut se dispenser de les faire figurer dans l'énumération des matériaux qui composent l'écorce solide de notre globe. Leurs parties supérieures présentent, en général, la structure bien nette des polypiers, et l'on reconnaît, dans leur composition,

(1) Ces dépôts sont aussi appelés *terrains postdiluviens*, *terrains joviens*, *alluvions modernes*.

(2) Ces cinq groupes sont parallèles selon le langage géognostique, c'est à dire contemporains: ils correspondent, comme on le verra dans la Géogénie, à cinq modes différents de formation, de manière que le premier est composé de dépôts formés par des animaux; le second, de dépôts formés par des végétaux; le troisième, de dépôts formés par l'action mécanique des eaux atmosphériques; le quatrième, de dépôts formés par l'action mécanique des eaux répandues à la surface de la terre; et le cinquième, de dépôts formés par l'action chimique des eaux qui sortent du sein de la terre.

(3) On doit, à l'occasion de cette dénomination, ainsi que de plusieurs de celles qui seront employées pour les autres groupes, ne pas perdre de vue qu'il faut éviter de prendre ces noms dans un sens exclusif; car, quoique je donne au groupe qui nous occupe le nom de *terrain madréporique*, parce qu'il est le résultat du travail des madrépores, on doit bien se garder d'en conclure que toutes les masses formées de cette manière doivent se ranger dans ce groupe, puisque je n'y place que celles postérieures aux dernières grandes catastrophes qui ont changé la surface de notre planète, et qu'il y a dans les autres groupes beaucoup de masses qui ont un mode de formation analogue, mais qui appartiennent à des époques antérieures, ainsi qu'on le verra dans la Géogénie. Les marins emploient souvent le nom de *banc de corail* pour désigner les masses qui font le sujet de cet article.

les matières gélatineuses qui accompagnent toujours le carbonate calcique dans les portions solides des polypiers pierreux ; mais, dans les parties inférieures, ce principe gélatineux diminue ou disparaît, les molécules calcaires se trouvent rapprochées, et la masse ressemble, jusqu'à un certain point, à du calcaire concrétionné, et même à du calcaire compacte. Du reste, on sent que la texture des masses varie selon les espèces d'animaux qui les ont produites, et que les parties solides de ces animaux s'y trouvent ordinairement mélangées avec des restes d'autres êtres vivants, ainsi qu'avec des débris des dépôts inorganiques qui existent dans le voisinage.

Les masses madréporiques se trouvent principalement dans les îles de l'Océanie; elles y forment ordinairement, autour des îles, les espèces de ceintures interrompues que l'on appelle *récifs*, et qui sont séparées de la côte par de petits bras de mer dont elles dépassent rarement le niveau. Cependant on voit quelquefois de ces masses sur les parties élevées des îles.

Parmi les autres contrées où ces masses sont abondantes, on peut encore citer les côtes de la mer Rouge, notamment les environs de la ville de Djéda, où, d'après le rapport de Forskal, on en extrait des pierres d'un volume énorme.

2e *Sous-ordre.* — **Terrain tourbeux.**

Le terrain tourbeux est à peu près dans le même cas que le terrain madréporique, c'est à dire que les matières qui lui donnent son caractère principal appartiennent plutôt au règne organique qu'au règne minéral; car, ainsi qu'on l'a vu dans le livre précédent, ce n'est que par tolérance que la tourbe est admise à figurer dans la série des minéraux.

Les dépôts de tourbes présentent trois modifications principales : la première n'est presque qu'un tissu ou espèce de feutre spongieux, formé de racines, de fibres et de parties végétales encore très reconnaissables; quelquefois même elle n'est qu'un tas de plantes ou de parties de plantes flétries et serrées les unes contre les autres.

La seconde modification présente une matière d'un brun plus foncé, où l'on ne distingue plus que quelques filaments végétaux.

La troisième n'offre, en général, qu'une substance noire, homogène, habituellement molle, qui a beaucoup de ressemblance, dans son aspect et dans sa manière de brûler, avec les lignites et les bitumes.

Les trois modifications de tourbe que nous venons d'indiquer se trouvent souvent dans une même tourbière, et alors la première occupe la partie supérieure; la seconde, le milieu, et la troisième, le fond. La tourbe forme quelquefois des amas très puissants; d'autres fois elle s'étend en couches plus ou moins épaisses; elle se trouve de préférence dans des lieux marécageux, quelquefois aussi dans des étangs et dans des lacs : elle n'est ordinairement recouverte que par de l'eau ou par des végétaux croissants. Il y a cependant des contrées où la tourbe se trouve dans des endroits secs et où elle est recouverte, quelquefois même séparée en assises différentes, par des lits de sable et de limon. Tel est le cas des tourbières nommées *hooge veenen* dans le royaume des Pays-Bas.

Les tourbières sont souvent situées dans des vallées : telles sont celles des bords de la Somme en Picardie. D'autres fois elles se trouvent sur le sommet des montagnes, pourvu néanmoins qu'il y ait des plateaux ou de légères dépressions dans le sol; mais les gîtes de tourbe les plus étendus et les plus abondants sont ceux des plaines basses et sableuses des contrées septentrionales, et notamment celles des plaines de la basse Allemagne et de la Hollande. Ces tourbières forment souvent de vastes marais qui, dans certaines saisons, ressemblent à des prairies, prêtes à engloutir l'imprudent qui voudrait y pénétrer. En général, on remarque que la tourbe ne se trouve que dans des contrées humides et où la température n'est pas fort élevée.

Les tourbes renferment fréquemment des corps étrangers; on y voit souvent des arbres, et même des forêts entières composées d'arbres analogues à ceux qui existent actuellement, et notamment des sapins et des chênes. On y trouve des débris d'animaux, tels que des coquilles et des ossements de mammifères, qui aussi appartiennent principalement à des espèces vivant actuellement sur les lieux. On y rencontre également des monuments de l'industrie humaine, tels que des outils, des armes, des médailles, des fragments de bateaux, etc.

3e *Sous-ordre*. — **Terrain détritique** (1).

Caractères généraux. — Les matières que nous désignons par

(1) Je répéterai encore ici que l'on doit éviter de donner à ce mot *détritique* une acception exclusive dans le sens de sa signification; car on verra, dans le cours de cet ouvrage, que beaucoup d'autres parties de l'écorce du globe sont *formées de débris* aussi bien que mon terrain détritique.

le nom de *terrain détritique* ne sont pas encore de véritables roches, dans le sens que l'on donne ordinairement à ce mot, ni même des dépôts particuliers proprement dits; ce n'est, pour ainsi dire, qu'une manière d'être ou plutôt une modification superficielle de quelques-uns des dépôts que nous examinerons dans les articles suivants.

Ce terrain recouvre la majeure partie de la surface émergée du globe; mais il n'y forme ordinairement qu'une pellicule meuble, dont la nature participe plus ou moins de celle des dépôts sur lesquels elle s'étend. Cette nature présente en conséquence beaucoup de variations, où l'on peut cependant signaler six modifications principales qui se rapportent à ce que l'on désigne communément par les noms de *terres végétales*, *terres vierges* (1), *sables mouvants*, *sables salifères*, *éboulis* et *moraines*.

Les **terres végétales** doivent leur nom à la circonstance que c'est dans ces matières que croissent presque tous les végétaux qui ornent la surface de la terre. Elles forment un dépôt superficiel très mince, qui est principalement composé de limon, d'argile ou de sable plus ou moins mélangé de terreau, c'est à dire de substances végétales ou animales passées à l'état terreux. Dans les pays calcareux, elles contiennent aussi du carbonate calcique. En général, la terre végétale participe toujours de la nature des dépôts sur lesquels elle repose; elle renferme aussi des fragments plus ou moins gros des roches cohérentes qui l'avoisinent.

Les terres végétales présentent beaucoup de variations. Les meilleures sont celles qui reposent sur le limon, surtout lorsque celui-ci contient du calcaire. Aussi l'art du cultivateur cherche-t-il à donner une composition analogue aux autres dépôts terreux où il établit la culture. On distingue souvent les *terres végétales* en *sablonneuses*, *argileuses* et *calcaires*, ce qui signifie seulement que le sable, l'argile ou le calcaire influent sensiblement sur leur composition, car, lorsque ces matières sont pures, elles ne sont pas propres à la culture; et il est bon de remarquer, à cette occasion, que, quoique l'on parle ordinairement de l'aridité des sables et de la fertilité des terres argileuses ou calcaires, le sable pur est

(1) Je conserve ici, à défaut de dénominations moins mauvaises, le nom de *terres* aux matières terreuses modifiées dans l'époque moderne par des phénomènes autres que les éboulements, le transport par les glaciers ou par les eaux courantes, et les éruptions volcaniques. On étend ordinairement ce nom à des dépôts appartenant à d'autres périodes, et notamment à l'important dépôt de limon dont il sera question à l'article du terrain quaternaire; mais, quoique la majeure partie des matières que je désigne par le nom de terres soient formées aux dépens du limon dont il s'agit, je crois qu'on doit les en distinguer par la même raison que l'on range certains dépôts de poudingues ou de cailloux roulés dans les terrains de l'époque où ils ont été réunis dans leur association actuelle, et non pas dans les terrains de l'époque où la matière des fragments a été formée.

C'est par la même raison que je fais figurer ici les sables mouvants, quoiqu'il soit souvent facile de reconnaître le dépôt plus ancien auquel ils appartiennent.

plus favorable à la végétation que l'argile pure et le calcaire pur. La manière dont on s'exprime à cet égard provient de ce que, la nature présentant abondamment des dépôts de sable pur, et rarement des dépôts terreux d'argile pure ou de calcaire pur, on est dans l'habitude d'appeler terres argileuses ou terres calcaires celles où l'argile et le calcaire sont déjà mélangés avec le sable.

Il y a encore des substances, autres que celles indiquées ci-dessus, qui, par leur nature ou par l'état dans lequel elles se trouvent, favorisent la végétation d'une manière plus ou moins puissante; et, sans parler ici des cendres et de quelques engrais particuliers que l'expérience ou le raisonnement ont fait connaître aux cultivateurs, les terrains volcaniques contiennent quelquefois des matières terreuses, extrêmement favorables pour la végétation, ce que l'on attribue aux combinaisons alcalines et phosphoriques que contiennent ces matières.

On désigne quelquefois par la dénomination de **terres vierges** (1) les dépôts terreux dans lesquels la végétation ne s'est pas établie, soit parce qu'ils sont naturellement arides, soit plus communément parce qu'ils sont recouverts d'autres matières. Leur composition est aussi très variable et ne diffère ordinairement de celle des terres végétales que par l'absence de débris de végétaux ou d'autres engrais.

Les sables appartiennent, comme on le verra dans la suite, à d'autres terrains que celui qui nous occupe; mais, lorsque ces dépôts ne sont pas recouverts par d'autres matières, leurs parties superficielles, que l'on appelle ordinairement **sables mouvants**, parce que les vents les déplacent fréquemment, doivent aussi prendre place à côté des terres; ce sont ces sables qui impriment à la plupart des déserts leurs caractères particuliers.

Les **sables** superficiels sont quelquefois **salifères,** c'est à dire imprégnés de selmarin et d'autres substances solubles, telles que du salpêtre ou du natron, qui sont à l'état de dissolution pendant la saison humide et qui pendant les temps secs forment une croûte cohérente à la surface du sol. Cet ordre de choses se remarque notamment sur une grande partie des steppes du milieu de l'Asie. D'un autre côté, il est à remarquer que le salpêtre effleurit fréquemment sur les dépôts ditritiques lorsqu'ils renferment des matières animales en décomposition.

On désigne par le nom d'**éboulis** un genre de dépôts qui, au lieu de

(1) J'avais désigné ces matières dans les premières éditions par le nom de *terres arides;* mais celui de *terres vierges*, plus usité dans les livres d'agriculture, me paraît préférable, parce qu'il s'associe mieux avec la manière dont je pense maintenant qu'il convient d'entendre l'expression de *terres végétales*.

former des assises superficielles comme ceux dont il vient d'être question, compose souvent des talus de montagnes et quelquefois des filons ou des amas. Du reste, la nature, l'état, la forme et la puissance de ces dépôts dépendent de la nature des roches qui composent les montagnes auxquelles ils sont adossés ou intercalés, ainsi que de la hauteur et de la forme des flancs de ces montagnes. Quelquefois les éboulis ne sont composés que de fragments de roches cohérentes plus ou moins volumineux, souvent anguleux, rarement arrondis. Ailleurs ces fragments sont mélangés avec des matières terreuses, dont la nature rappelle celle des roches altérables qui constituent la montagne. Enfin, lorsque cette dernière est uniquement composée de roches facilement altérables, son talus ne présente ordinairement que des dépôts terreux.

On donne le nom de **moraines** à des dépôts qui se trouvent au pied, sur les côtés et sur le dos des glaciers, d'où on les divise en moraines *terminales*, *latérales*, et *médianes* ou *superficielles*. Les premières sont les plus importantes et forment de petits monticules qui ressemblent à des digues, tandis que les dernières ne consistent que dans de petites traînées. Les moraines se composent, comme les éboulis, de fragments plus ou moins gros de roches analogues à celles qui environnent le glacier.

Nous ne reviendrons ici sur les *corps organisés* que l'on trouve dans le terrain détritique que pour faire remarquer que l'on doit éviter de confondre ceux qui sont propres à ce terrain, c'est à dire ceux qui appartiennent au groupe des espèces actuelles, avec ceux qui appartiennent aux groupes antérieurs et qui s'y trouvent mélangés tout comme les fragments des roches qui les recélaient.

4e *Sous-ordre*. — Terrain alluvien.

Caractères généraux. Le terrain alluvien, comme le terrain détritique, est généralement formé de dépôts meubles, composés de fragments dont le volume et la forme sont très variables; aussi est-il souvent très difficile de le distinguer du terrain détritique. Son principal caractère distinctif est de ne pas s'étendre généralement, comme le terrain détritique, sur les montagnes ni sur les plateaux élevés. Il se trouve ordinairement dans les vallées et dans les plaines placées à l'embouchure des grands fleuves, ainsi que sur les bords et probablement dans le fond de la mer, d'où on peut le diviser en *fluviatile* et *marin*.

Le **terrain alluvien fluviatile**, connu sous le nom d'**alluvions**, a une *composition* extrêmement variée et qui participe toujours de celle des autres dépôts qui composent la partie du bassin hydrographique placée au dessus du lieu où il se trouve. Lorsqu'on le considère au point de vue de sa *texture* et de sa *cohérence*, on peut y distinguer six modifications principales, savoir : les *dépôts terreux*, les *dépôts arénacés*, le *gravier*, les *dépôts caillouteux*, les *gros débris* et les *roches conglomérées*, mais ces modifications se lient et se mêlent si intimement entre elles, qu'il est difficile d'y établir des limites et de les trouver isolées l'une de l'autre.

Les *dépôts terreux* sont composés soit de limon, soit d'argile, soit, plus souvent, de ces matières mélangées entre elles ou avec du sable, du calcaire et du terreau ; ils forment ordinairement d'excellentes terres végétales et se trouvent principalement dans les plaines et dans les vallées basses.

Les *dépôts arénacés* portent ordinairement le nom de *sables de rivières*, mais ce sont rarement de véritables sables, c'est à dire qu'ils sont rarement composés exclusivement de grains de quartz ; on y reconnaît, au contraire, beaucoup de grains d'autres substances minérales. Ces dépôts se trouvent principalement, de même que les dépôts terreux, dans les plaines et dans les vallées basses. On remarque que ces deux catégories de dépôts forment souvent des couches alternatives, et que quand ils sont situés vers l'embouchure de grands cours d'eau; ils atteignent quelquefois une puissance considérable.

Le *gravier* ne diffère, en général, des dépôts arénacés que parce que les grains qui le composent sont plus gros ; il se trouve plus rarement dans les plaines et plus souvent dans les vallées.

Les *dépôts caillouteux* sont très communs dans les lits des rivières, dont ils recouvrent ordinairement le sol ; on les trouve aussi dans d'autres parties des vallées, mais ils sont généralement rares dans les plaines ; ils ne diffèrent des graviers que parce que les fragments qui les composent sont plus volumineux. Ces fragments ont ordinairement leurs bords arrondis ; mais on remarque que ceux qui se trouvent dans le voisinage des montagnes sont souvent moins arrondis que ceux qui en sont plus éloignés.

Les *gros débris* se trouvent principalement dans les vallées des montagnes. Leur nature dépend, encore plus que celle des autres modifications, de la nature des roches qui existent en masses dans les lieux plus élevés qui les avoisinent, ou qui forment la partie supérieure du bassin hydrographique. Leur volume est aussi subordonné à la nature de ces

roches et souvent à leur éloignement, les fragments de roches tenaces et solides étant généralement plus gros que ceux des roches friables ou altérables, et ceux dont les roches semblables se trouvent dans le voisinage étant ordinairement plus gros et ayant des formes plus anguleuses, tandis que ceux qui ressemblent à des roches éloignées sont moins volumineux et ont des formes plus arrondies. En général, les gros débris alluviens ont beaucoup de rapport avec les éboulis à gros fragments, dont il est difficile de les distinguer; ils sont d'ailleurs peu abondants, passant bientôt aux dépôts caillouteux.

L'existence de grandes masses cohérentes appartenant aux alluvions est un fait qui laisse encore des doutes, quoique l'on ait souvent cité des roches de ce genre comme faisant partie des terrains d'alluvion ou de transport; mais, ces dénominations s'appliquant aussi à des dépôts quaternaires, nous ne pouvons nous arrêter à ces citations. Du reste, on ne peut contester l'existence, comme partie des alluvions, de petites portions de *roches conglomérées* qui forment des espèces de rognons ou de blocs au milieu des dépôts caillouteux de nos rivières, et qui consistent dans la réunion, au moyen d'un ciment ferrugineux, de quelques-uns des fragments qui composent ces dépôts. Ces matières paraissent se trouver de préférence dans la partie des lits de rivières qui traversent des lieux habités, et on voit ordinairement dans leur intérieur un morceau de fer plus ou moins hydraté, ou la trace de morceaux de fer détruits par la rouille.

On ne peut pas non plus contester l'existence dans les alluvions de roches conglomérées à ciment calcaire, mais celles-ci peuvent être considérées comme appartenant au terrain tufacé plutôt qu'au terrain alluvien.

Quant aux roches conglomérées à ciment siliceux que l'on rencontre dans les dépôts alluviens, il n'est pas encore démontré que ce ne sont pas des fragments détachés des terrains antérieurs.

On cite aussi des *alluvions métallifères*, mais comme on confond souvent les dépôts de transport quaternaires avec les alluvions modernes, et que d'ailleurs la distinction entre ces dépôts est fort difficile, nous n'oserions nous prononcer d'une manière formelle sur leur classement. Toutefois, quoique nous pensions que les plus importants de ces dépôts appartiennent au terrain quaternaire, on ne peut contester qu'il n'y ait des alluvions modernes qui donnent lieu à des recherches de métaux. Mais, comme les substances métalliques ne s'y trouvent qu'en petite quantité, elles ne peuvent couvrir les frais de recherche qu'autant que celles-ci ont pour objet des métaux d'un prix élevé que l'on sépare des

autres débris par le *lavage*. Aussi cette opération n'est-elle appliquée qu'à l'or, au platine, à l'étain. On exploite aussi des *minerais de fer* que l'on désigne par l'épithète d'*alluvion*, mais il y a lieu de croire que ces dépôts n'appartiennent pas au terrain alluvien tel que nous l'entendons ici.

Les alluvions ont deux modes de *gisements* principaux, selon qu'elles se trouvent dans les vallées ou dans les plaines.

Les *alluvions des vallées*, et surtout des hautes vallées, sont généralement disposées en amas irréguliers plus ou moins puissants qui remplissent le fond de la vallée, s'étendent le long des cours d'eau et s'appuient quelquefois sous la forme de bourrelets sur les flancs des vallées. Elles composent d'autres fois de petites plaines lorsque la vallée éprouve un renflement, principalement lorsque ce renflement coïncide, ainsi que cela arrive souvent, avec la rencontre de plusieurs vallées.

Les *alluvions des plaines* forment le sol des deltas ainsi que des queues de lacs ou d'étangs, et s'étendent quelquefois en assises peu épaisses sur les plaines basses traversées par des cours d'eau.

Le **terrain alluvien marin** présente quatre modifications principales connues sous les noms de *dunes*, de *levées*, de *dépôts des plages* et de *dépôts du fond de la mer*.

Les **dunes**, ainsi qu'on l'a vu dans la Géographie, sont des collines qui forment de petites chaînes le long de la mer, elles sont composées de sable et forment, ainsi qu'on le verra dans la Géogénie, une espèce d'intermédiaire entre les sables mouvants et les véritables dépôts alluviens.

Les **levées** sont, comme les dunes, des dépôts placés le long des côtes; mais au lieu de former des chaînes de collines, elles ne consistent que dans des espèces de bourrelets soit isolés, comme des digues, soit adossés aux autres matières qui forment les côtes lorsque celles-ci sont élevées, de sorte qu'elles se confondent quelquefois avec les éboulis. Leur composition, qui est très variée, participe de celle des plages sur lesquelles elles reposent ou des falaises sur lesquelles elles s'appuient.

On a vu dans la Géographie que les **plages** sont les parties basses des côtes sur lesquelles les eaux de la mer se répandent plus ou moins régulièrement. Elles sont ordinairement recouvertes de dépôts meubles dont la nature varie, comme dans les levées, selon celle du sol environnant, et qui présentent, selon les circonstances, toutes les modifications de composition et de texture que l'on distingue dans le terrain alluvien. Lorsque ces dépôts sont caillouteux, on leur donne le nom de

galets. Les dépôts des plages; ainsi que ceux des levées, sont quelquefois composés de débris de coquilles, ou même de coquilles à peu près intactes, qui sont assez abondantes pour qu'on puisse les recueillir pour faire de la chaux.

Quant aux **dépôts** qui doivent se former **au fond de la mer,** ils nous sont tout à fait inconnus.

Les *corps organisés* qui se trouvent dans le terrain alluvien sont, comme ceux du terrain détritique, de deux catégories; les uns qui, de même que les fragments de roches, proviennent des terrains inférieurs, les autres, qui lui sont propres, appartiennent à des espèces actuellement vivantes. Les débris de végétaux y sont en général mieux conservés que dans le terrain détritique et l'on y rencontre souvent des arbres entiers qui sont quelquefois passés à l'état de lignite, mais qui d'autres fois ont conservé leur tissu ligneux, et leur solidité de manière à pouvoir être employés dans les arts.

5e *Sous-ordre*. — **Terrain tufacé.**

Les dépôts que nous appelons terrain tufacé peuvent, comme le terrain alluvien, se diviser en deux groupes que nous distinguons par les épithètes de *terrestre* et de *marin* parce que les débris de corps organisés que l'on rencontre dans l'un appartiennent à des êtres qui vivent sur les terres ou dans les eaux douces, tandis que ceux de l'autre proviennent d'êtres qui vivent dans la mer.

Le **terrain tufacé terrestre** ne forme en général que des dépôts isolés, peu étendus ou de simples incrustations. On peut y distinguer quatre modifications principales caractérisées respectivement par la présence de la chaux, du fer, du soufre et de la silice.

Les **dépôts calcareux** ou *tuf proprement dit* sont les plus communs et présentent quelquefois une stratification très prononcée, d'autres fois ils constituent des amas, où l'on ne distingue pas de couches régulières, ils sont principalement composés de calcaire concrétionné, passant parfois au calcaire compacte, et plus souvent aux dépôts arénacés et terreux des terrains détritique et alluvien. Ces dépôts forment même quelquefois des lits intercalés au milieu des assises de tuf. En général, le terrain tufacé se lie intimement avec les terrains détritique, alluvien et quaternaire, dont il est souvent difficile de le distinguer.

Le calcaire tufacé est ordinairement rempli de pores et de cavités, et présente une série de passages, depuis des assemblages de petits filets

qui ressemblent à de la mousse pétrifiée, jusqu'au calcaire compacte. Les cavités que l'on y remarque sont de diverses espèces : les unes semblent n'être que le résultat de l'assemblage de petits systèmes particuliers de concrétions qui se sont seulement unies par une partie de leurs surfaces ; les autres représentent la place de tiges de végétaux qui, après avoir été incrustées par la matière calcaire, ont fini par se détruire ; les troisièmes, qui se trouvent dans les parties compactes ou voisines de l'état compacte, consistent dans des espèces de tubulures verticales qui donnent l'idée du résultat du passage d'un gaz à travers une masse molle. Ce calcaire donne de bonnes pierres à bâtir ; celui qui est celluleux est, à cause de sa légèreté et de la manière dont il prend le mortier, recherché pour certaines constructions, telles que les cheminées et les voûtes, où ces deux qualités sont particulièrement avantageuses ; celui qui se rapproche de la texture compacte donne d'excellentes pierres de taille.

Le calcaire tufacé, surtout celui qui est à l'état meuble ou peu cohérent, renferme une grande quantité de corps organisés, principalement des coquilles d'eau douce ou de terre et des plantes aquatiques appartenant à des espèces actuellement vivantes sur les lieux.

Les **dépôts ferrugineux**, quoique plus rares que les dépôts calcareux, sont quelquefois assez développés pour être exploités comme minerais et on les désigne alors sous les noms de *minerais des marais*, *des lacs*, *des prairies*, selon les lieux où on les trouve. Ils forment ordinairement des amas ou de petites couches de limonite à l'état de concrétions ou de grains, libres ou agglutinés. D'autres fois ils ne forment que des incrustations ordinairement dans le voisinage de sources ferrugineuses, ou bien ils servent de ciment à des roches conglomérées ainsi que nous l'avons déjà indiqué en parlant du terrain alluvien.

Les **dépôts sulfureux** ne consistent que dans des incrustations contenant du soufre qui se trouvent au voisinage des sources sulfureuses ou dans des concrétions formées de sulfates de diverses natures qui recouvrent des roches contenant des sulfures.

Les **dépôts siliceux** sont les plus rares et leur existence n'est bien constatée que dans les environs de certaines sources thermales, notamment des Geysers en Islande, où ils forment des concrétions de la variété d'opale que l'on a nommée geyserite à cause de son gisement. Probablement que les sables qui accompagnent ces concrétions appartiennent au moins en partie aux dépôts qui nous occupent.

Ce que l'on connaît du **terrain tufacé marin**, ne consistant que dans des lambeaux déposés sur les côtes, a beaucoup de ressemblance

avec le terrain alluvien marin, le terrain madréporique et le tuf terrestre. M. Moreau de Jonnès dit que ces dépôts sont assez communs dans les Antilles, où ils forment des espèces de glacis ou de plages qui s'élèvent quelquefois au dessus du niveau ordinaire des eaux. Ils y consistent en une roche que les nègres connaissent sous le nom de *maçonne-bon-Dieu*, et qui est un calcaire grenu passant quelquefois au compacte, de couleur jaune grisâtre ou gris jaunâtre, avec quelques nuances de rougeâtre. Lorsque l'on examine cette roche à la loupe, on reconnaît qu'elle est principalement composée de débris de coquilles et de madrépores semblables à ceux qui vivent dans les environs et qui sont réduits en grains très menus. On trouve quelquefois, dans cette roche, des traces de l'industrie humaine, telles que des débris de vases, des haches, etc. ; mais ce qui l'a rendue célèbre, c'est que l'on a trouvé, au port du Moule à la Guadeloupe, des ossements humains qui y étaient incrustés. L'analyse de ces os a fait connaître qu'ils n'étaient pas pétrifiés, mais qu'ils contenaient encore des parties animales et tout leur phosphate de chaux.

M. Cocchi cite (1) comme exemple du tuf marin la *panchina* (2) de populonia sur la côte de Toscane.

Nous croyons pouvoir aussi y rapporter une roche trouvée par Boblaye sur les côtes de Morée et celle que Saussure dit (3) se former au bord de la mer dans le phare de Messine près du gouffre de Charybde. Celle-ci est composée de grains de sables unis par un ciment calcaire et devient assez consistante pour servir de meules, l'autre est une roche conglomérée, très cohérente, dont le ciment est un calcaire cristallin qui renferme entre autres de nombreux débris de poteries.

2e *ORDRE.* — TERRAINS QUATERNAIRES (4).

Caractères généraux. — Les dépôts que l'on désigne maintenant par l'épithète de quaternaires se distinguent difficilement des terrains

(1) Bul. de la Soc. Geol. de France, 1856, t. XIII, p. 287.

(2) On donne en Toscane le nom de *Panchina* à un calcaire qui forme des dépôts irréguliers tels que couches, blocs, rognons et filons, ordinairement peu puissants, qui ont souvent beaucoup de ressemblance avec les calcaires d'eau douce, mais qui sont d'origine marine. Cette roche, dont la nature et la texture sont fort variables, se trouve en Toscane depuis le terrain éocène jusque dans le terrain moderne. On en citera encore d'autres exemples ci-après.

(3) Voyage dans les Alpes, § 365.

(4) Ces dépôts ont été compris dans mes publications antérieures à 1853, partie dans les terrains tertiaires et partie dans les terrains modernes ; mais l'importance qu'on leur a donnée dans ces derniers temps m'a porté à me conformer à l'usage le plus communément admis maintenant, c'est à dire de les réunir dans une division particulière, laquelle toutefois me paraît laisser encore beaucoup à désirer.

modernes et des terrains tertiaires. Ils consistent principalement en matières meubles et fragmentaires répandues sur des plaines basses ou accumulées dans des vallées, et ne présentent pas de puissantes masses régulièrement stratifiées comme les terrains qui leur sont inférieurs.

Nous avons indiqué ci-dessus (p. 203) les principaux caractères des fossiles que renferment ces dépôts.

Division. — Les terrains quaternaires se confondent tellement entre eux, et ils sont encore si imparfaitement connus qu'il est impossible d'en faire une bonne classification ; nous les indiquerons ici comme formant huit systèmes particuliers sous les noms de *plages émergées*, d'*anciennes moraines*, de *blocs erratiques*, de *dépôts de limon*, de *diluvion*, de *brèches osseuses*, d'*ossements des cavernes* et de *travertin ;* mais on doit éviter de voir dans ces groupes des divisions de la même valeur que les sous-ordres et les étages que nous distinguons dans les autres ordres.

1er *Système*. — **Plages émergées.**

On trouve sur les côtes ou dans l'intérieur des terres, à des hauteurs plus ou moins considérables au dessus du niveau de la mer, des dépôts analogues à ceux des plages et des levées (p. 226). Cette analogie consiste non seulement dans la nature et l'arrangement des matières qui les composent, mais aussi dans les débris de corps vivants qu'ils renferment ; débris qui sont en général les mêmes que ceux des êtres qui vivent actuellement dans les mers les plus voisines. On a prétendu cependant que dans quelques localités, notamment dans les îles Britanniques, ces débris annonçaient une faune plus septentrionale que celles des mers voisines ; mais, quoique l'on y ait effectivement trouvé des coquilles, telles que la *Cyprina islandica*, qui sont plus communes dans le nord que sur les côtes britanniques, il n'est pas démontré que l'ensemble de la faune annonce un autre climat.

L'un des dépôts les plus remarquables par l'élévation qu'il atteint, est celui que M. Trimmer a observé sur le mont Trifane, près de Caernarvon, dans le pays de Galles, qui se trouve à plus de 400 mètres d'altitude ; mais le plus communément, ces dépôts sont peu élevés au dessus de la mer.

Nous croyons pouvoir rapporter à ce groupe la *panchina de l'Antignano* près de Livourne, roche qui forme quelquefois des couches assez puissantes pour donner de bonnes pierres d'appareil, mais qui se trouve le plus souvent en blocs ou en rognons mamelonnés enfouis dans une

argile sableuse; sa texture est très variable étant tantôt celluleuse, tantôt grossière, conglomerée, compacte ou meuble. Sa nature est également très variable passant du calcaire au grès calcarifère et au gompholite.

2e *Système*. — **Anciennes moraines.**

Nous avons parlé ci-dessus (p. 222) des moraines, c'est à dire des dépôts qui se trouvent au pied, sur les côtés et sur le dos des glaciers; or dans beaucoup de localités où il n'existe maintenant point de glaciers, on voit des dépôts plus ou moins analogues à ces moraines, mais souvent beaucoup plus développés. Ce sont notamment des espèces de digues transversales qui barrent des vallées et dont la forme ainsi que la composition donnent tout à fait l'idée de moraines terminales. D'autres fois, ce sont des bourrelets disposés longitudinalement dans ces vallées et où l'on croit voir des restes de moraines latérales ou médianes. Ailleurs ce sont d'énormes blocs qui se trouvent placés sur des montagnes d'une nature différente et que l'on reconnaît avoir été détachés d'autres montagnes, d'où il paraît impossible qu'ils aient été amenés d'une autre manière que sur le dos de glaciers qui auraient rempli l'espace intermédiaire.

Nous ne donnerons pas d'autres détails à ce sujet, parce que nous ne pourrions, en quelque manière, citer aucun cas particulier sans devoir entrer dans des discussions, attendu que les idées sur l'ancienne extension des glaciers, qui n'ont été émises que depuis quelques années, étant encore contestées par beaucoup de géologues, ainsi que nous le dirons dans la Géogénie, il y a peu de ces dépôts dont le classement ne donne encore lieu à des discussions.

3e *Système*. — **Blocs erratiques.**

Nous nous servons ici des mots *blocs erratiques*, pour ne pas créer une nouvelle dénomination dans l'état imparfait de nos connaissances à ce sujet, mais nous ne comprenons dans ce groupe qu'une partie des dépôts que l'on appelait blocs erratiques lorsque l'on appliquait ces mots à tous les blocs qui se trouvent éloignés des masses dont ils ont été détachés, et notamment à ceux des anciennes moraines et à ceux du diluvion que nous croyons avoir des origines différentes de celle des véritables blocs erratiques, ainsi qu'on le verra dans la Géogénie.

Nous citerons comme type de ce que nous entendons par *blocs* erratiques, ceux qui sont déposés dans la vaste *plaine d'Europe* qui s'étend de la mer du Nord aux monts Ourals. Ces blocs sont principalement formés de roches cristallines semblables à celles qui se trouvent en place dans les montagnes de la Scandinavie, de la Finlande et des environs d'Olonetz. Ils s'étendent depuis ces montagnes jusque vers Kostroma, Moscou, Lublin, Breslau, Leipsick, Groningue. Ils ne sont pas uniformément répandus dans tout cet espace, mais ils y forment comme des traînées et sont souvent accumulées dans les lieux où le sol est le plus élevé. Lorsqu'ils se trouvent sur une colline, ils occupent le versant septentrional et ne se rencontrent pas sur le versant méridional, du moins dans la plaine, car, vers le pied des montagnes, ces blocs, accompagnés de matières arénacées, de graviers et d'autres fragments pierreux, forment des collines longues et étroites, dirigées vers le sud, et que les Suédois nomment *Œsar*. Non seulement on reconnaît dans ces blocs les roches en place des contrées septentrionales, mais Durocher rapporte (1) que, quand il y a dans ces contrées une roche particulière à certaine localité, on remarque que les blocs de cette roche s'étendent en éventail vers le midi, de manière à former un tiers ou même une moitié de cercle dont le gîte de la roche serait le centre. Il paraît que l'éloignement de ce centre n'influe pas sensiblement sur le volume des blocs, car il en existe de très volumineux au midi de la Baltique. Tel est le bloc de granite qui reposait sur le sable à Furstenwald, et dont on a fait une coupe pour le musée de Berlin ; sa circonférence était de 21 mètres et son poids de 300 000 kilogrammes; mais ces blocs deviennent en général très rares lorsque l'on approche de la ligne qui vient d'être indiquée comme faisant leur limite méridionale, excepté cependant dans le voisinage des monts Hercyniens, où cette limite est comme repoussée vers le nord par la présence des montagnes.

4e *Système*. — **Dépôts de limon.**

Considération générale. — En employant ici le nom minéralogique de *limon*, à défaut d'une dénomination plus convenable, nous ne voulons pas dire que nous rangeons dans ce groupe tout le limon qui se trouve dans la nature, car nous avons déjà fait voir que cette roche existe dans le terrain alluvien, et elle peut aussi se rencontrer dans

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1842.

d'autres groupes; mais nous avons voulu désigner les grands dépôts de limon qui s'étendent sur des contrées entières et qui nous paraissent appartenir à la période quaternaire.

Nous citerons comme type le vaste dépôt de **limon jaunâtre** qui recouvre la **Picardie** en s'étendent d'un côté jusqu'au delà de la Seine, de l'autre jusqu'au delà du Rhin, et que les géologues désignent souvent par les noms allemands de *lehm* et de *læss*. Ce limon est ordinairement calcarifère; d'autres fois, mais rarement, il devient argileux, sableux ou ferrugineux; quelquefois, mais plus rarement encore, il renferme de petites veines ou de petits rognons de calcaire ou de limonite. Il est très favorable pour la culture et donne naissance aux meilleures terres végétales, d'où on l'appelle souvent *terre franche*, *terre à blé;* il est aussi employé à la fabrication des briques, à faire des murs dits de *pisé* et à fixer le chaume sur les toits. Il forme de vastes nappes, quelquefois très épaisses, dans lesquelles on ne distingue pas de stratification, et qui donnent aux contrées qu'elles recouvrent un caractère particulier. Ces nappes sont ordinairement séparées des autres dépôts par une assise de diluvion.

Nous n'oserions dire que le limon ait des fossiles propres ; à la vérité on cite beaucoup de débris de mammifères, notamment d'éléphants, et des coquilles terrestres semblables à celles qui vivent actuellement dans la contrée ; mais quant aux premiers, nous sommes porté à croire qu'ils appartiennent plus particulièrement au diluvion, que la plupart des géologues confondent avec le limon, et qui d'ailleurs se lie avec lui ; et quant aux secondes, la facilité avec laquelle les coquilles qui reposent à la surface d'un dépôt meuble peuvent s'introduire dans des crevasses qui se referment ensuite, permet d'élever des doutes à ce sujet ; ce qu'il y a de certain, c'est que, ces fossiles sont excessivement rares dans les parties de limon que l'on peut considérer comme n'ayant pu être atteintes par les causes de mélange.

Le limon que l'on trouve dans les vallées traversées par de grands cours d'eau, se distingue souvent de celui des plaines par sa disposition et par plus de variations dans ses caractères minéralogiques. Les géologues se sont notamment beaucoup occupé du **limon d'Alsace,** qui forme de longues traînées ou collines basses dans le milieu de la vallée et qui s'adossent aussi sur le pied des montagnes qui la bordent, M. Kœchlin-Schlumberger (1) y distingue trois modifications qu'il désigne par les épithètes de *brun*, de *gris* et de *jaune*, mais il attribue ces

(1) Bulletin de la Soc. Géol. de France, 1859, t. XVI, p. 326.

différences à des altérations qui ont agi sur les parties supérieures et inférieures. Le limon gris qui est le plus abondant occupe ordinairement la partie moyenne et renferme des concrétions ou rognons cylindroïdes de calcaire argileux ainsi que des coquille sanalogues à celles qui vivent actuellement dans la contrée, telles que des hélices, des maillots, des lymnées, des paludines.

Nous ne rechercherons pas toutes les contrées où il existe du limon quaternaire; mais nous citerons un dépôt qui, tout en présentant des caractères particuliers, paraît devoir être rapporté à ce groupe; c'est le **limon noir de l'Ukraine** ou *tchornoïzen*, qui s'étend sur une portion de la vaste plaine située entre les Karpathes et l'Oural qu'il rend extrêmement fertile, propriété qui provient probablement de la présence dans ce limon d'environ sept pour cent d'une matière combustible nitrogénée. Ce dépôt, remarquable aussi par son uniformité, n'est pas très épais, car on cite 5 à 6 mètres comme maximum de son épaisseur, laquelle d'ailleurs est assez variable. Il repose indistinctement sur tous les terrains qui constituent ces contrées, mais du côté de sa limite septentrionale, on trouve toujours le diluvion en dessous. On n'y rencontre pas de fossiles.

Le **regur** ou *terre noire à coton*, qui recouvre une grande partie du plateau **du Décan,** a les plus grands rapports avec le tchornoïzen; il est tellement favorable à la végétation, que l'on prétend qu'il y a des localités que l'on cultive depuis deux mille ans sans avoir besoin d'y mettre de l'engrais.

Nous citerons encore ici un dépôt très remarquable que nous ne voulons point passer sous silence à cause de son importance, mais que l'on a peut-être rapporté à tort au groupe qui nous occupe ; c'est le **limon rougeâtre des Pampas** ou *argile pampéenne* d'Alcide d'Orbigny, qui non seulement recouvre les immenses plaines aboutissant au Rio de la Plata, mais qui s'étend aussi sur le plateau de la Bolivie, à l'altitude de plus de 4 000 mètres. Ce limon renferme des rognons ou même de petits bancs d'un calcaire argileux, souvent concrétionné, ainsi qu'une grande quantité d'ossements de mammifères qui représentent une faune extrêmement intéressante, dans laquelle on remarque surtout d'énormes édentés, tels que le *Megatherium Cuvieri*, le *Megalonyx maquinensis*, le *Glyptodon clavipes*, le *Mylodon Darwinii*, ainsi que des pachydermes, des rongeurs et des carnassiers. On trouve aussi dans les Pampas des coquilles analogues à celles qui vivent actuellement dans les eaux voisines, mais d'Orbigny considère ces coquilles comme appartenant à des dépôts particuliers ou plages émergées supérieures au limon.

5e *Système*. — **Diluvion.**

La connaissance des dépôts que l'on désigne par les noms de *diluvion*, *diluvium* ou *terrain diluvien proprement dit* laisse encore plus à désirer que celle des groupes précédents et les géologues sont loin d'être d'accord sur les limites, ainsi que sur les subdivisions que l'on peut y établir. Sans entrer dans ces discussions, nous dirons que nous entendons par diluvion des dépôts de matières diverses à l'état arénacé, graveleux, ou caillouteux, plus ou moins mélangées et stratifiées d'une manière irrégulière. Il y a quelquefois de ces matières unies par de l'hydrate ferrique, du carbonate calcique ou de la silice, de manière à former des masses poudingiformes ou grésiformes (1). Ces dépôts ont des gisements fort irréguliers; ceux que l'on observe dans les plaines ou sur les plateaux ne forment souvent qu'une couche d'épaisseur inégale, fréquemment interrompue, fort variable dans sa composition, ainsi que dans sa texture, et qui n'est recouverte que par du limon ou par du terrain moderne. Les dépôts des vallées sont ordinairement plus épais et irrégulièrement stratifiés. Ils s'enfoncent quelquefois à des profondeurs que l'on n'a pas encore dépassées et forment des collines, des terrasses ou des masses adossées aux autres roches qui constituent les flancs des vallées. C'est surtout vers les débouchés des hautes montagnes que ces dépôts sont puissants. Ils y renferment ordinairement peu de corps organisés, mais ceux des plaines et des vallées inférieures, surtout ceux qui forment de petits bassins, en contiennent beaucoup. Ces corps consistent principalement en dents et en ossements rapportés aux genres éléphant, rhinocéros, hippopotame, cheval, cerf, bœuf, ours, hyène, chat, chien, etc., mais qui présentent en général quelques différences avec les parties correspondantes des espèces actuelles, de sorte qu'on les considère comme annonçant des espèces différentes. On a aussi trouvé dans les parties de la Sibérie où le sol est à peu près constamment à l'état de congélation des cadavres de ces animaux conservés avec leurs chairs et leurs peaux; tels sont le mammouth (*Elephas primigenius*) et le rhinocéros (*R. tichorinus*) trouvés, l'un sur des bords de la Lena, l'autre sur ceux du Viloui, à la suite d'éboulements accidentels. Il serait trop long d'indiquer les lieux où l'on a reconnu la présence de ces

(1) M. Ville rapporte aussi au terrain diluvien de nombreux dépôts de Gypse qui se trouvent dans le Sahara algérien. (Bul. de la Soc. Géol., 1856 t. XIII, p. 404.)

débris de l'ancien monde; il n'y a pas très longtemps encore que l'on ne citait que quelques contrées où, comme les plaines de Sibérie ils se trouvent dans une abondance qui avait, pour ainsi dire, forcé l'attention des personnes les moins curieuses d'observer les phénomènes de la nature; mais actuellement, que les recherches se sont généralement portées vers cette étude, il n'y a presque pas de pays où l'on n'ait découvert de ces ossements.

On s'est peu occupé des coquilles de ces dépôts par la double raison qu'elles sont rares et qu'il est difficile de distinguer celles qui leur sont propres de celles qui appartiennent aux dépôts inférieurs et supérieurs. Toutefois M. C. d'Orbigny a signalé l'existence de couches de sables marneux intercalés entre un diluvion rougeâtre et un diluvion grisâtre des environs de Paris (1) et qui contiennent des coquilles fluviatiles et terrestres telles que lymnées, planorbes, paludines, bulimes, maillots, clausilies, hélices, cyclades, très bien conservées.

Les débris de végétaux paraissent être plus communs dans le diluvion : les uns ont encore conservé leurs formes; les autres les ont tout à fait perdues. Parmi les premiers, la plupart sont seulement altérés ou bituminisés. Il paraît qu'il y en a aussi de pétrifiés. Quant aux seconds, ils forment des lignites, de la tourbe et du terreau; mais la flore diluvienne n'est pas bien connue, d'autant plus qu'il y a encore beaucoup de doutes sur la question de savoir si les principaux dépôts de végétaux fossiles et de lignite que l'on rapporte au terrain diluvien n'appartiennent pas plutôt aux terrains modernes ou tertiaires.

Les dépôts diluviens les plus importants au point de vue de l'industrie humaine sont ceux que l'on désigne communément, ainsi que certains dépôts modernes dont nous avons déjà parlé, par la dénomination d'*alluvions aurifères*. Ces gîtes sont quelquefois excessivement riches, et ce sont eux qui ont fourni la plus grande partie de l'or qui a été employé par les hommes. Ils se trouvent ordinairement dans les vallées ou dans les plaines situées au voisinage des montagnes, sont en général disposés comme les autres parties du diluvion et sont de même composés de matières terreuses, arénacées et fragmentaires, dans lesquelles on reconnaît souvent, de même que dans les autres dépôts diluviens, la plupart des roches qui composent les montagnes voisines, surtout du quartz et du diorite. Mais une particularité remarquable des dépôts aurifères, c'est que l'or est presque toujours accompagné de quelques autres minéraux, plus ou moins rares, tels que du platine, des corindons, des spinelles,

(1) Bulletin de la Soc. Géol., 1855, t. XII, p. 1295 et 1860, t. XVII, p. 49.

des zircons, des topazes, de la cymophane, de l'améthyste, de la cassitérite, de l'anatase, du rutile, de la ménakanite, de l'aimant, etc. ; l'or y est ordinairement en paillettes ou en petits grains, mais il forme quelquefois des pépites assez considérables. Les contrées qui fournissent maintenant le plus d'or sont la Nouvelle-Hollande, la Sierra Nevada de Californie, l'Altaï, l'Oural.

Il y a une autre catégorie de dépôts métallifères que l'on a aussi rangés dans le diluvion : ce sont ceux que l'on désigne habituellement sous le nom de *minerai de fer d'alluvion*, et effectivement il existe des dépôts de limonite en fragments inégaux, arrondis, renfermant des ossements de mammifères qui appartiennent décidément au diluvion; mais beaucoup d'autres dépôts qu'on leur a souvent assimilés, notamment le *fer pisiforme*, ou *fer en grain* proprement dit, ou *bohnerz* des Allemands, ainsi que les filons et les amas où la limonite se présente sous les formes de concrétions, de nodules, de blocaux, etc., appartiennent généralement à des terrains inférieurs.

6e *Système.* — **Brèches osseuses.**

On donne le nom de *brèches osseuses* à des filons qui ont été principalement observés sur les côtes de la Méditerranée, notamment à Gibraltar, à Cette, à Antibes, en Corse, en Sardaigne, en Sicile, à Cérigo, en Dalmatie, en Algérie, etc. Ces filons se trouvent dans des massifs calcaires, et consistent en un ciment souvent rougeâtre, composé de calcaire, de sable et de limonite, renfermant des fragments ordinairement anguleux de diverses roches, surtout de celles traversées par le filon, et des restes de corps organisés, principalement des ossements de ruminants et de rongeurs, tels que des cerfs, des antilopes, des lapins, des lagomys, des campagnols. On y trouve aussi des restes de chevaux, de chiens, de tortues, de lézards, et plusieurs espèces de coquilles terrestres et fluviatiles. Quelquefois ces débris sont semblables à ceux des espèces actuelles, mais le plus ordinairement ils annoncent des espèces différentes et souvent semblables à celles du diluvion, sauf que les petits animaux y sont très fréquents, tandis qu'ils sont rares dans le diluvion. On dit que l'on a aussi trouvé dans ces brèches des débris des animaux qui caractérisent les terrains tertiaires, notamment des paléothères et des chéropotames ; mais il n'est pas bien démontré que ces restes ne s'y rencontrent pas accidentellement.

On trouve très fréquemment dans les fentes des rochers calcareux de

petits dépôts qui, sans être aussi bien prononcés que ceux des côtes de la Méditerranée que nous venons de citer, peuvent être assimilés aux brèches osseuses, et sont de même composés d'une espèce de pâte ordinairement rougeâtre, quelquefois cohérente, d'autres fois meuble, qui renferme souvent des fragments pierreux et des restes de mammifères, dans lesquels on reconnaît des espèces qui n'existent plus maintenant sur les lieux. C'est ainsi que M. Desnoyers (1) a reconnu dans les fentes des gypses des environs de Paris des restes de renne, de lagomys et de hamster.

7e *Système.* — **Ossements des cavernes.**

On trouve également dans les cavernes des ossements qui sont aussi enfouis dans un dépôt terreux ou pierreux, principalement composé de carbonate calcique, quelquefois imprégné de matières animales ou mélangé d'oxyde ferrique. Ce dépôt forme sur le sol des cavernes une ou plusieurs couches, peu épaisses, où les ossements sont presque toujours séparés, dispersés et plus ou moins fracturés; quelques-uns semblent même avoir été brisés ou entamés par les dents d'un animal carnassier; ils sont quelquefois usés et accompagnés de cailloux roulés. La majeure partie appartient à des carnassiers; dans les cavernes d'Allemagne et de Belgique, ce sont les ours qui dominent, surtout une grande espèce qui n'existe plus, et que l'on a nommée *Ursus spæleus;* en Angleterre ce sont les ossements d'hyène (*Hyena spælea*) qui sont les plus abondants. On reconnaît également dans ces dépôts des restes de chats, de chiens, de putois, de belettes, de gloutons, d'éléphants, de rhinocéros, d'hippopotames, de cochons, de chevaux, de cerfs, de rennes, de bœufs, de lièvres, de rats, de campagnols, de lagomys, de musaraignes, etc., ainsi que quelques débris d'oiseaux, de reptiles, d'insectes, de mollusques et des excréments ou coprolithes. Indépendamment des dépôts qui présentent des espèces perdues, on en voit quelquefois qui ne contiennent que des espèces actuelles, mais lorsque ces deux catégories se trouvent dans une même caverne, on remarque que la seconde est au dessus de la première.

Les cavernes du Brésil renferment une grande quantité d'ossements qui présentent une faune très différente de celle des cavernes d'Europe, et plus abondante en espèces, puisque M. Lund y cite cent quinze espèces de mammifères. Cette faune, qui a beaucoup de rapport avec

(1) Bull. de la Soc. Géol. de France, 1842, t. XIII, p. 290.

celle du limon des Pampas (p. 233), est de même caractérisée par d'énormes édentés d'espèces perdues. Cet ordre présente à lui seul les genres mégathère, mégalonyx, platyonyx, sphénodon, tatou, xénure, euryodon, hétérodon, chlamydothère, hoplophore, pachythère, fourmilier, de sorte que, quoique la plupart des espèces soient très différentes de celles actuelles, surtout par leur taille, cette faune, comme la faune actuelle du Brésil, se distingue de celles de l'ancien continent par l'abondance des édentés. M. Lund y a aussi trouvé des restes d'hommes offrant les caractères des Indiens qui habitent encore la contrée, et qu'il considère comme contemporains des espèces perdues; mais nous avons déjà dit que cette comtemporanéité était contestée.

8e *Système*. — **Travertin.**

On donne à Rome le nom de *travertin* à une roche qui a puissamment contribué à la beauté des monuments de cette ancienne capitale. C'est un calcaire concrétionné, présentant des parties presque compactes que l'on extrait des carrières de Ponte-Lucano, entre Rome et Tivoli. Cette roche, qui forme un intermédiaire entre le calcaire tertiaire d'eau douce et celui du terrain tufacé, a les plus grands rapports avec ce dernier; mais il paraît, dès que l'on admet un terrain quaternaire, que c'est plutôt à cette division qu'à celle du terrain moderne qu'on doit la rapporter.

Nous croyons pouvoir rapporter au travertin le *kunkur* ou *konker* de l'Hindoustan, qui est aussi un calcaire concrétionné, souvent un peu siliceux, et qui se trouve à des altitudes considérables aussi bien que dans les vallées. On l'exploite pour faire de la chaux.

3e *ORDRE*. — TERRAINS TERTIAIRES.

Caractères généraux et division. — Les terrains tertiaires forment des dépôts plus puissants, plus régulièrement stratifiés, plus fréquemment cohérents que les terrains modernes et quaternaires. Ils sont en général composés de roches calcareuses, argileuses et quartzeuses; ils recouvrent une partie considérable du globe, principalement dans les pays de plaines peu élevées, mais ils se trouvent aussi sur les montagnes et plutôt sur les très hautes que sur celles d'élévation moyenne. Nous avons indiqué ci-dessus (204) les caractères principaux de leurs fossiles.

On divise habituellement les terrains tertiaires en trois groupes que

l'on désigne par les noms de *pliocène* ou *supérieur*, de *miocène* ou *moyen* et d'*éocène* ou *inférieur*, divisions qui correspondent aux trois groupes de fossiles que nous avons indiqués sous ces dénominations (1).

Mais s'il est assez facile de reconnaître des distinctions entre les divers systèmes qui composent un massif tertiaire, il est très difficile d'établir le parallélisme des systèmes qui existent dans des contrées plus ou moins éloignées, de sorte que les géologues ne sont pas toujours d'accord à ce sujet. Dans cet état des choses, pour éviter des discussions et mieux présenter l'ensemble des massifs que nous citerons comme exemples de terrains tertiaires, nous ne distribuerons pas les groupes qui composent ces massifs dans des articles séparés, et nous nous bornerons à ajouter à ce que nous avons déjà dit sur les trois groupes de fossiles tertiaires :

Que le **terrain pliocène** ressemble beaucoup aux terrains quaternaires, mais qu'il est plus puissant, et qu'il renferme plus de roches cohérentes ;

Que le **terrain miocène** est encore plus développé et que, quoiqu'il présente aussi beaucoup de dépôts meubles et friables, les masses cohérentes y sont fréquentes, surtout avec la texture grésiforme ;

Qu'enfin le **terrain éocène** est encore plus puissant et présente plus de roches cohérentes que les groupes supérieurs.

Nous citerons, comme premier exemple, le **massif tertiaire du bassin de Paris** (2), qui est remarquable par sa puissance, par la variété des systèmes dont il se compose, par la bonté des matériaux qu'il fournit à l'industrie humaine et par le soin avec lequel il a été décrit, mais dans lequel il paraît que l'on ne rencontre que les groupes miocène et éocène, dans chacun desquels on peut distinguer trois étages. Ces étages ont une certaine tendance à se dégager l'un de dessous l'autre comme les tuiles d'un toit, mais d'un toit qui serait construit à l'inverse des toits ordinaires, c'est à dire où la dernière tuile occuperait le bas et

(1) Dans les éditions antérieures à 1853, je donnais, ainsi qu'on l'a déjà vu ci-dessus, plus d'extension aux terrains tertiaires, et je les divisais, d'après leur mode de formation, en *terrain diluvien* pour les dépôts qui ont été formés dans des eaux fortement agitées, en *terrain nymphéen* pour ceux qui ont été formés dans des eaux douces stagnantes ou peu agitées, et en *terrain tritonien* pour ceux qui ont été formés dans les eaux marines. Chacun de ces groupes se subdivisait en étages supérieur, moyen et inférieur, ce qui donnait la faculté de ramener cette classification à celle que je viens d'indiquer. Mais une fois que je me suis décidé à admettre l'ordre des terrains quaternaires, il m'a paru préférable d'adopter aussi pour les terrains tertiaires la classification la plus généralement suivie.

(2) La contrée géognostique que je désigne ici par la dénomination de *bassin de Paris* est plus étendue que le bassin hydrographique de la Seine, et comprend notamment une portion du bassin hydrographique de la Loire. C'est, ainsi que je l'ai déjà dit page 33, une espèce de golfe terrestre, limité en partie par les terrains plus anciens et plus élevés qui se rattachent à la Bretagne, au plateau central de la France, aux Vosges et à l'Ardenne.

non le sommet. C'est en effet dans une des parties les plus basses du bassin, c'est à dire en Touraine, que se trouve l'étage le plus supérieur dans l'ordre géognostique, tandis que l'étage inférieur se trouve à un niveau beaucoup plus élevé dans les collines du Laonnais que n'atteignent pas les étages supérieurs. Ce massif repose sur le terrain crétacé, à l'exception de quelques ramifications et de quelques lambeaux qui se trouvent en dehors du massif principal et qui reposent indistinctement sur les divers terrains qui entourent le massif crétacé.

L'étage supérieur du **terrain miocène** dn bassin de Paris est célèbre par des amas de débris de coquilles à l'état meuble que l'on exploite pour l'amendement des terres sous le nom de **falun** en **Touraine**. Ces coquilles sont généralement marines, mais on y trouve aussi quelques espèces d'eau douce et de terre, ainsi que des ossements de mammifères, notamment de rhinocéros.



Fig. 34. Turritella quadriplicata. *Basterot.*



Fig. 35. Arca turonica, *Dujardin.*



Fig. 36. Pectunculus Pusillus, *Dujardin.*

Le falun est souvent remplacé par des **sables** plus ou moins mélangés d'**argile**, lesquels donnent, entre autres, à la **Sologne** son caractère d'aridité.

L'étage moyen est composé de dépôts lacustres qui sont respectivement caractérisés par la présence du calcaire et par celle des meulières.

Le **calcaire** s'étend notamment sur la plaine **de la Beauce,** contrée remarquable par sa fertilité pour la production des céréales; il est ordinairement blanc passant au jaunâtre et au grisâtre; sa texture est tantôt compacte, tantôt bréchiforme, celluleuse ou pulvérulente. Les variétés celluleuses sont quelquefois criblées de petites cavités semblables à des pointes d'aiguilles et par des tubulures perpendiculaires aux joints de stratification. Les variétés compactes donnent de bonnes pierres de construction et de bonne chaux. Celles friables ou pulvérulentes sont employées à l'amendement des terres. Ce calcaire est souvent accompagné de marnes quelquefois blanches, d'autres fois grisâtres, mais qui deviennent blanches par l'action de la chaleur; il renferme des silex en rognons et en petits lits minces qui appartiennent communément à la variété cornée, passant à la meulière, au jaspe, au pyromaque et au résinite. Les fossiles les plus communs dans ce dépôt sont des lymnées, des planorbes, des hélices, des bulimes et d'autres coquilles terrestres ou d'eau douce, ainsi que quelques végétaux. Les hélices caractérisent la partie supérieure et paraissent ne se trouver que dans la portion méridionale du bassin.



Fig. 37. Hélix Moroguesi. *Brgt.*



Fig. 38. Lymnaea cornea. *Brgt.*

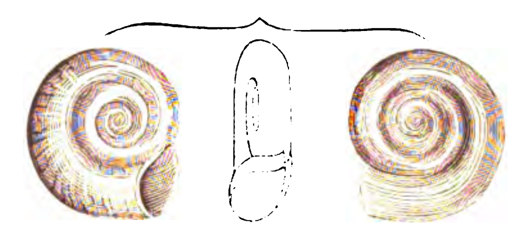


Fig. 39. Planorbis rotundatus. *Brgt.*

Les **meulières**, que l'on exploite entre autres à **Meudon**, près de Paris, recouvrent une grande partie de la zone médiane du bassin, mais elles n'y forment que des dépôts interrompus et à peu près superficiels. Ces dépôts sont rarement en contact avec le calcaire de la Beauce, cependant on les voit quelquefois au dessus et d'autres fois au dessous, ce qui porte à croire qu'ils correspondent à la partie moyenne de ce calcaire. Les meulières se trouvent ordinairement en fragments anguleux de diverses grosseurs, en amas, rarement en bancs, enfouis dans des argiles ferrugineuses, quelquefois mélangées de marnes et de grains quartzeux. On les employe comme pierre de constructions, elles sont surtout recherchées pour les canaux et l'on en fait aussi des meules, notamment aux Molières près de Rambouillet. Lorsque les meulières sont bien caractérisées et qu'elles forment des masses ou de gros fragments, on n'y voit pas de corps organisés; mais dans les lieux où elles sont peu abondantes et où elles se présentent en fragments peu volumineux, elles renferment des fossiles analogues à ceux du calcaire de la Beauce.

En dessous de cet étage lacustre se retrouve un étage marin principalement composé de sables et de **grès** qui sont notamment très déve-

loppés aux environs **de Fontainebleau** (1). Le grès forme, dans la partie supérieure des sables, des bancs, des amas ou des blocs dont la surface présente souvent des espèces de circonvolutions ou larges mamelons à peu près semblables à ce qui se forme à la surface d'une pâte sur laquelle on projette d'une certaine élévation d'autres parties de la même pâte. Dans les lieux où le sol est inégal, on voit beaucoup de ces blocs entassés sur les pentes. Ces grès et ces sables sont souvent de couleur blanche : les premiers sont très estimés pour faire des pavés, et les seconds sont recherchés dans plusieurs fabriques à cause de leur pureté. D'autres fois, les sables sont mélangés d'argile, de calcaire, de mica et de limonite; cette dernière leur donne une couleur jaunâtre. Ils passent quelquefois au calcaire et surtout à des marnes ordinairement jaunâtres, dont les couches inférieures sont souvent caractérisées par la présence d'une grande quantité d'huîtres. En général les fossiles sont assez nombreux dans les parties inférieures et supérieures de ce système, mais on n'en voit pas dans la partie moyenne, surtout lorsque le dépôt est puissant et formé de sable et de grès purs.

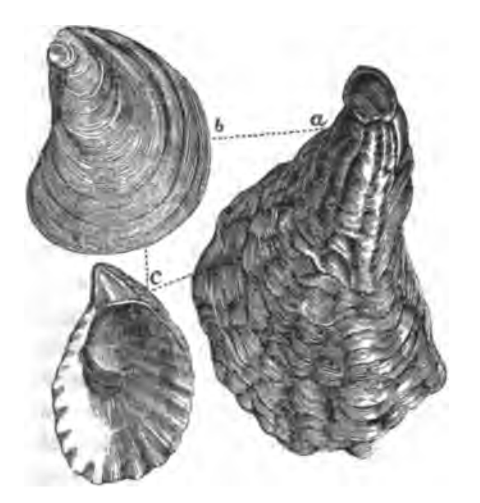


Fig. 40. Ostrea flabellula. *Lmk.*

(1) Quelques géologues ont rangé cet étage dans le terrain éocène, je continue à le laisser dans le miocène avec ceux des géologues français qui ont les premiers établi des divisions dans les terrains tertiaires. Du reste, s'il est important de connaître la véritable position d'un dépôt, il n'en est pas de même de savoir si l'on doit allonger ou raccourcir l'accolade qui le range dans la division supérieure ou dans la division inférieure, car, lorsque des dépôts se suivent dans la série sans interruption, il y a toujours des liaisons entre eux et presque autant de raisons pour classer une assise intermédiaire avec la division supérieure qu'avec la division inférieure.

L'étage supérieur du **terrain éocène** se compose de trois systèmes principaux, respectivement caractérisés par la présence du calcaire siliceux, de marnes renfermant du gypse et d'un calcaire inférieur.

Le **calcaire** siliceux s'étend, entre autres, sur presque tout le plateau **de la Brie;** il ressemble au calcaire de la Beauce, mais il a souvent plus de dureté, propriété qu'il doit à la silice dont il est pénétré et qui non seulement s'y trouve unie intimement avec le carbonate calcique, mais qui forme très souvent dans le calcaire des veines, des rognons et des blocs de silex cornés, de meulières et quelquefois, dans l'intérieur des géodes, des mamelons de calcédoine. Les *meulières* se trouvent de préférence dans la partie supérieure du calcaire, mais d'autres fois elles composent tout le système. Elles sont notamment très développées à la *Ferté-sous-Jouarre*, dont les carrières sont en possession de fournir des meules à une grande partie de l'Europe et de l'Amérique. Ces meulières ressemblent à celles de Meudon (p. 242), et lorsqu'elles ne sont pas enfermées dans le calcaire, elles sont enfouies dans de l'argile qui, en s'étendant sur le plateau, retient les eaux à la surface et détermine l'existence de nombreux étangs. Le calcaire donne de l'excellente chaux et fournit quelquefois des pierres d'appareil très recherchées pour les monuments exposés à des dégradations : tel est celui de Château-Landon. Il se présente aussi en couches friables, et il est quelquefois accompagné de petits bancs de magnésite. Les fossiles sont très rares dans ce système, on n'en connaît même pas dans le véritable calcaire siliceux, ni dans les gros blocs de meulières; mais on trouve des coquilles d'eau douce dans le calcaire non siliceux, dans les marnes, ainsi que dans les meulières superficielles et dans les silex cornés enfouis dans les marnes.

On voit sortir de dessous le calcaire de la Brie un système composé de marnes, de gypse et d'autres roches moins abondantes qui alternent entre elles. Le **gypse** se trouve principalement dans une série de petites collines allongées, plus ou moins détachées, qui se dirigent en général dans le sens de l'est à l'ouest et dont l'une des plus connues est celle **de Montmartre,** à Paris. Ses couches sont quelquefois divisées en gros prismes irréguliers par des fissures perpendiculaires aux joints de stratification. Ce gypse est généralement d'un blanc jaunâtre; sa texture est un intermédiaire entre le grossier et le lamellaire, il renferme beaucoup de cristaux et contient presque toujours du calcaire; il devient blanc par la calcination et il est très recherché dans les arts comme *plâtre.* Les marnes qui accompagnent le gypse sont plus ou moins argileuses et plus ou moins calcaires; leur couleur est souvent verdâtre, d'autres fois grisâtre, jaunâtre, blanchâtre, ou composée d'un mélange de ces couleurs;

il y en a que l'on emploie à faire des poteries, d'autres qui servent à dégraisser les étoffes. Elles passent au calcaire compacte, ainsi qu'au klebschiefer ou schiste happant, et renferment quelquefois des blocs ou des noyaux, souvent géodiques, de célestine d'un gris verdâtre. On trouve fréquemment dans le klebschiefer des rognons de mélinite. Ces marnes s'étendent plus que le gypse qu'elles accompagnent, et il y a beaucoup de localités où tout le système n'est représenté que par elles.

Le gypse de Montmartre est célèbre dans l'histoire de la science par les ossements de mammifères, de reptiles et de poissons qui ont fait le sujet des recherches de l'illustre Cuvier, mais on n'y a pas trouvé d'autres coquilles que quelques *Cyclostoma mumia*. Quant aux marnes, il y en a, notamment celles de couleur verte, qui paraissent ne point renfermer de fossiles; d'autres contiennent des coquilles d'eau douce telles que des lymnées et des planorbes, et il y a quelques couches dans la partie inférieure qui contiennent beaucoup de coquilles marines, principalement des huîtres. Il existe aussi dans la partie supérieure une couche caractérisée par une grande abondance de coquilles que Brongniart rapportait au genre Cythérée, et M. Deshayes au genre glauconome.

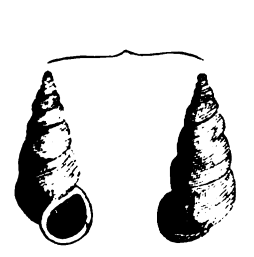






Fig. 41. Cyclostoma mumia, *Lmk.*

Fig 42. Cytherea? plana, *Brgt*

On trouve en dessous des marnes du gypse un **calcaire** blanchâtre accompagné de marne et de sable. Ce calcaire, qui ressemble sous plusieurs rapports à ceux de la Brie et de la Beauce, est généralement plus compacte et moins celluleux; il renferme aussi des rognons de silex, parmi lesquels on distingue la variété dite nectique, que l'on rencontre principalement **à Saint-Ouen,** près de Saint-Denis. Ce système renferme beaucoup de coquilles d'eau douce, parmi lesquelles on remarque

principalement la *Lymnea longiscata*. Il est probable que dans les lieux où manquent le gypse et ses marnes ce calcaire se confond avec celui de la Brie.

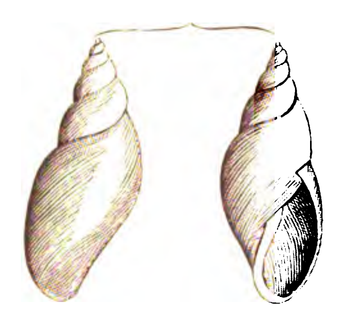


Fig. 13. Lymnea Longiscata, *Brgt.*

L'étage moyen est formé de trois systèmes de puissance très inégale. Le plus élevé ressemble beaucoup à celui du grès de Fontainebleau et fournit de même d'excellents pavés; on le désigne souvent par le nom de **grès de Beauchamp**, tiré d'une localité au nord-ouest de Paris, où la partie supérieure de ce système présente des alternatives de coquilles de mer et d'eau douce.

Ces alternatives se montrent aussi dans le système suivant, qui est peu important, et principalement composé d'un calcaire blanc fragile, que les ouvriers nomment **caillasse**, qui passe souvent à la marne et qui renferme des silex et des cristaux de gypse.

On trouve ensuite un ensemble de couches très importantes par leur puissance et par leur utilité économique, puisque ce sont elles qui fournissent les belles pierres de **calcaire grossier** qui ont servi à bâtir les monuments **de Paris**. Ce calcaire forme des couches quelquefois très puissantes, dont la cohérence est fort variable. Sa couleur est ordinairement jaunâtre, sa composition très mélangée, et il passe au sable dans ses parties supérieure et inférieure. Il renferme quelquefois des lits ou des nids de marne, d'argile, de lignite, et les assises inférieures contiennent beaucoup de grains de chlorite (1). Il renferme une immense quantité de fossiles, généralement marins, et c'est dans ce système que se trouvent les gîtes de Grignon, près de Versailles, et de Courtagnon,

(1) Le nom de chlorite est pris ici dans le sens large indiqué à la page 172.

près de Reims, qui ont été si célèbres dans l'histoire de la paléontologie, par l'abondance et la belle conservation des coquilles que l'on y recueillait. Les cérites sont, entre autres, extrêmement abondantes dans la partie supérieure et les nummulites dans le bas.



Fig. 44. Cerithium lapidum. Lmk. Fig. 45. Cerithium Hexagonum. Lmk. Fig. 46. Turitella imbricataria. Lmk.





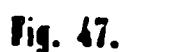


Fig. 47. Cassis cancellata, Lmk.



Fig. 48. Ancyllaria canalifera Lmk.



Fig. 49. Marginella ovulata. Lmk.



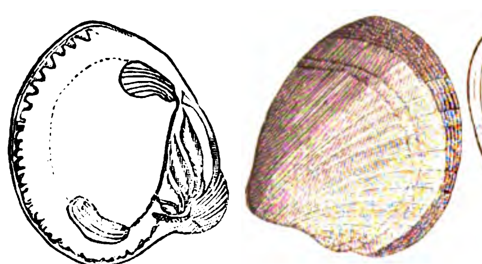
Fig. 50. Buccinum Stromboides. Lmk.



Fig. 51. Natica epiglottina. Lmk.



Fig. 52. Calyptræa trochiformis. Lmk.



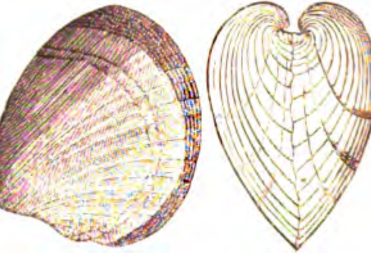
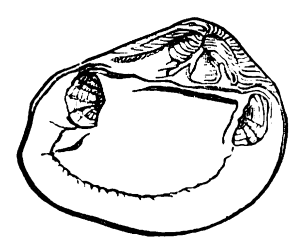


Fig. 53. Cardita (Venericardia) planicosta. Lmk.



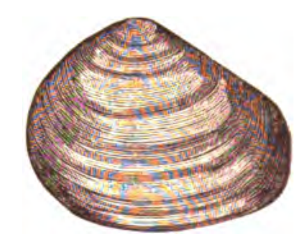


Fig. 54. Crasatella (Venus) ponderosa, Chem.

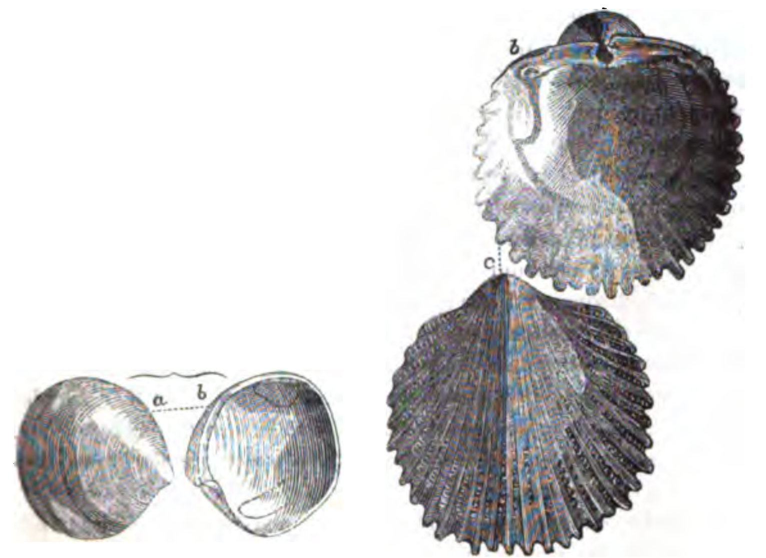


Fig. 55. Lucina gibbosula, *Lmk.*

Fig. 56. Cardium porulosum, *Lmk.*

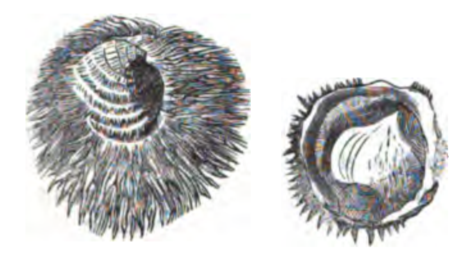


Fig. 57. Chama lamellosa, *Chem.*



Fig. 58. Turbinolia sulcata, *Lmk.*

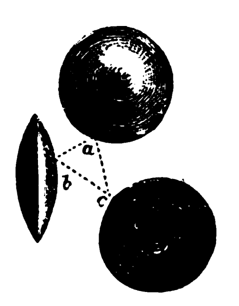


Fig. 59. Nummulites lævigata, *Lmk.*

L'étage inférieur contient beaucoup de sables, d'où M. d'Archiac le désigne sous le nom de *sables inférieurs*, par opposition à ceux de *sables moyens* et de *sables supérieurs* qu'il donne au grès de Fontainebleau et au grès de Beauchamp. Cet étage est très développé, et l'on y rapporte beaucoup de lambeaux de sables et de grès, qui reposent sur la craie en dehors du massif tertiaire dans la basse Picardie et l'Artois. Il renferme d'autres matières notamment de l'argile, de la chlorite, du calcaire, du lignite, des poudingues, qui non seulement se mêlent plus ou moins avec les sables, mais qui forment aussi des dépôts particuliers, ce qui permet d'y distinguer divers systèmes.

Le plus élevé consiste dans un puissant dépôt de **sables**, qui est, entre autres, très bien prononcé **à Cuise** près de Compiègne. Ces sables renferment quelquefois beaucoup de coquilles marines, aussi M. d'Archiac y a-t-il distingué un système particulier sous le nom de *lits coquilliers*. On y remarque notamment la *Nummulites planulata*, le *Cerithium acutum*, l'*Ostrea multicostata*.

On trouve en dessous des sables de Cuise un système caractérisé par la présence des **lignites,** et qui est, entre autres, très développé dans les vallées **du Soissonnais,** où on l'exploite pour faire de la couperose et de l'alun, ainsi que pour l'amendement des terres, usage auquel il est employé sous le nom de *cendres noires*, quand il est dans son etat naturel, et sous le nom de *cendres rouges*, quand il a été brûlé. Ce lignite présente beaucoup de variétés, depuis l'état terreux jusqu'à la texture compacte du jayet ou celle fibreuse du bois. Il est presque toujours accompagné de pyrites et d'argile, quelquefois de succin, de gypse, de websterite, d'apatite, de célestine, etc. Les fossiles sont assez abondants dans ce système; le plus grand nombre sont des êtres d'eau douce ou de terre, tels que des cyrènes (*C. Cuneiformis*), des paludines, des palmiers, des ossements de mammifères; mais il y a aussi des coquilles marines, telles que des buccins, des fuseaux, des huîtres (*O. bellovacina*), des lucines, etc.



Fig. 60. Cyrena cuneiformis, *Sow.*

Une autre système, formant une série d'amas plutôt que des couches régulières est composé d'une **argile** nommée **plastique** à cause de son aptitude à conserver les formes qu'on lui imprime. Cette argile est exploitée aux environs **de Paris,** de Montereau, etc., pour faire des poteries. — Elle est ordinairement grise, d'autres fois blanche jaune, rouge, violette, noire ou bigarrée de ces diverses couleurs ; elle ne contient par de fossiles lorsquelle est bien prononcée, mais on en trouve dans sa partie inférieure ou elle se mélange avec d'autres matières et où l'on rencontre quelquefois une roche conglomérée contenant des ossements de reptiles et de mammifères, d'où on l'a appelée *conglomérat ossifère de Meudon*.

M. Hébert (1) considère comme inférieur à l'argile plastique un dépôt de **sables** très développé dans le nord du bassin de Paris notamment à **Bracheux** près de Beauvais.

Ces sables recèlent des fossiles marins, parmi lesquels nous citerons la *Cyprina scutellaria*, la *Cucullea crassatina*, la *Cardita pectuncularis;* ils renferment des blocs, des amas ou des bancs de grès ; et ils sont souvent mélangés de matières étrangères, notamment de chlorite, d'où M. d'Archiac a désigné une assise de ce système sous le nom de *glauconie inférieure*.

Quelquefois ces dépôts passent à de véritables **poudingues,** notamment aux environs **de Nemours,** où ils forment des amas assez puissants, mais peu étendus.

Enfin un petit système composé de **calcaire** et de sable qui, d'après M. Hébert (2), sont plus anciens et tout à fait indépendants des autres dépôts tertiaires du bassin de Paris, se remarque sur les confins de la Champagne, notamment à **Rilly** près de Reims. Ce calcaire est jaunâtre, passe à la marne, recèle des coquilles d'eau douce, principalement la *Physa gigantea*, et est séparé du terrain crétacé par une assise de sable blanc, que son extrême pureté fait rechercher pour les verreries. M. Hébert croit avoir retrouvé (3) des lambeaux de ce système de l'autre côté du massif tertiaire, c'est à dire dans le Noyonnais.

Il y a encore dans le bassin de Paris un dépôt particulier dont nous n'avons point parlé dans l'énumération qui précède, à cause de la divergence d'opinions qui règne sur son classement : **ce sont des argiles** rougeâtres mélangées de sable et de silex qui s'étendent sur

(1) Compte rendu de l'Acad. des Sciences, 1857, p. 26.
(2) Bull. de la Soc. Géol. de France, 1848, t. V, p. 388; 1850, t. VI, p. 710.
(3) Id., 1854, t. XI, p. 647.

les plaines du **Thimerais** et du pays d'Ouche. Ces argiles, qui ne contiennent pas de fossiles, reposant ordinairement sans intermédiaire sur la craie et remplissant les cavités creusées dans celle-ci, ont été quelquefois considérées comme un des premiers termes des terrains tertiaire, d'autres fois on les a rapporté au grès de Fontainebleau et dernièrement M. Laugel (1), qui en a observé à Bonneval, au dessus du calcaire de la Beauce, les a envisagées comme parallèles aux meulières de Meudon. Ces divergences d'opinions ne pourraient-elles pas porter à croire que ces argiles représentent l'ensemble des autres dépôts tertiaires du bassin de Paris?

Les terrains tertiaires forment aussi un **massif** important dans les environs **de Londres**. Ce massif repose sur le terrain crétacé comme celui de Paris, mais il diffère de ce dernier, parce que l'argile y est beaucoup plus abondante, qu'il n'y a presque pas de calcaire, que l'on y trouve le groupe pliocène et que le groupe miocène y manque.

Le **terrain pliocène** y est représenté par des dépôts peu puissants qui se trouvent dans le voisinage de la mer du Nord. Ces dépôts, que l'on désigne par le nom de **crag**, sont, en général, formés de roches meubles ou conglomérées, composées, pour la plupart, d'un mélange de sable, d'argile, de calcaire, de limonite ainsi que d'une grande quantité de coquilles. On peut y distinguer deux étages.

Le **crag** supérieur se trouve principalement dans les environs **de Norwich**; il renferme des débris d'éléphants, de rhinocéros, de chevaux, de cochons et d'autres mammifères, ainsi qu'un grand nombre de coquilles dont la plus grande partie appartient à des espèces qui vivent encore dans la mer du Nord.

Le **crag** inférieur existe principalement dans le **Suffolkshire** et se compose de deux systèmes que l'on a désignés par les épithètes de rouge et de corallin. Le *crag rouge* est coloré par de la limonite, on cite parmi ses coquilles les plus caractéristiques le *Fusus contrarius*, le *Murex alveolatus*, la *Cyprea coccinelloides*. Le *crag corallin* est ainsi nommé parce qu'il contient une grande quantité de polypiers appartenant, pour la plupart, à des espèces qui n'existent plus. Il est principalement composé de marnes verdâtres qui passent quelquefois à des pierres susceptibles d'être employées dans les constructions.

(1) Bull. de la Société Géol., 1860, t. XVII.





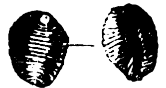


Fig. 61. Murex alveolatus, *Sow.* Fig. 62. Fusus contrarius, *Sow.* Fig 63. Cyprea coccinelloides, *Sow.*

Le **terrain éocène** du massif de Londres se compose de deux systèmes sableux et de deux systèmes argileux.

Le plus élevé, ordinairement désigné sous le nom de **Bagshot sand**, est principalement composé de sable rougeâtre accompagné de sable verdâtre et de marnes feuilletées tachetées de blanc et de jaune. Il renferme beaucoup de grains de chlorite. Les fossiles n'y sont pas très abondants, on cite parmi les plus communs la *cardita planicosta*, la *Turritella sulcifera* et la *Nummulites Lævigata*.

On trouve ensuite un puissant dépôt argileux qui donne au massif son caractère le plus remarquable, et qui est connu sous le nom de **London clay** ou *argile de Londres*. Ce dépôt est principalement composé d'une marne argileuse, quelquefois sableuse, ordinairement de couleur bleuâtre ou noirâtre, renfermant des rognons que l'on a nommés *septaria*, et qui sont composés d'un calcaire argileux, traversé par des veines de calcaire cristallin, et présentant quelquefois des géodes tapissées de cristaux de barytine. On rencontre aussi dans ce dépôt des pyrites et du gypse cristallisé. Ses fossiles ont beaucoup de rapports avec ceux du calcaire grossier de Paris, et plus encore avec ceux des lits coquilliers des sables de Cuise, mais ils présentent aussi un grand nombre d'espèces particulières.

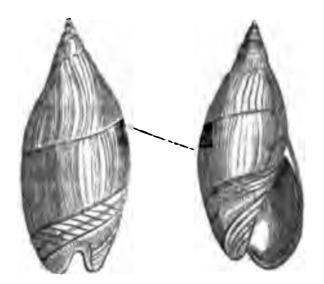


Fig. 64. Ancyllaria subulata.

On trouve en dessous de l'argile de Londres de l'**argile plastique** qui est notamment exploitée à **Woolwich** pour faire des poteries. Cette argile qui est quelquefois panachée de brun et de rouge est accompagnée de sable et de cailloux de silex.

D'autres **sables** séparent quelquefois, notamment dans l'île **de Thanet**, les dépôts dont nous venons de parler des terrains crétacés, ces sables renferment entre autres fossiles la *Pholadomya cuneata*, la *Cyprina Morrisii*, la *Corbula longirostris*.

Les **terrains tertiaires de la Suisse** sont très différents de ceux dont nous venons de parler. Les dépôts qui les composent se divisent en deux parties très distinctes, que l'on désigne souvent par les noms de *terrain de molasse* pour la partie supérieure, et de *terrain nummulitique* pour la partie inférieure.

Le **terrain de molasse**, ainsi appelé du nom que l'on donne dans le pays à une variété de macigno, fait partie d'un vaste massif qui s'étend à peu près sur toutes les contrées basses qui longent le versant septentrional des Alpes.

Il paraît que l'on peut distinguer dans ce massif une puissante assise marine, placée entre deux assises d'eau douce.

L'assise supérieure ne consiste qu'en petits bassins isolés. L'un de ces petits *bassins*, celui *d'Œningen*, qui toutefois n'est pas sur le territoire suisse, étant situé sur la rive droite du Rhin, près de Constance, en Souabe, est célèbre dans l'histoire de la paléontologie, à cause de la grande quantité de fossiles qu'il recèle, et notamment par le *Cryptobranchus primigenius*, espèce voisine des salamandres, qui a été longtemps connue dans la science sous le nom de *Homo diluvii testis*.

On est assez généralement d'accord pour ranger ces petits bassins dans le terrain pliocène, mais il n'en est pas ainsi pour les deux assises suivantes, où plusieurs géologues voient encore le même terrain, tandis que d'autres les rapportent au terrain miocène.

L'assise moyenne, qui est très développée, s'étend du Jura aux Alpes, mais dans la première de ces chaînes elle n'occupe que le fond des vallées, et ne s'y compose en général que de dépôts meubles ou friables en couches horizontales. Ces dépôts deviennent plus puissants et plus cohérents dans le milieu de la Suisse, et présentent sur le versant septentrional des Alpes des roches tenaces dont les couches, fortement inclinées, atteignent des altitudes très considérables. La roche dominante de cette assise est, comme nous l'avons déjà indiqué, la variété de macigno nommée molasse à cause de sa friabilité, ce qui ne l'empêche pas de donner de bonnes pierres à bâtir, qui sont généralement employées dans

toute la partie basse de la Suisse. Ce macigno est communément d'un gris passant au verdâtre, quelquefois au jaunâtre; il est presque toujours micacé, mais ses éléments minéralogiques étant fort sujets à varier, il passe à beaucoup d'autres roches. C'est ainsi que, quand le calcaire manque, on a du psammite; si c'est l'argile qui se perd, on a du grès ou du sable calcarifères; si c'est le sable, on a de la marne ou du calschiste; si c'est le sable et le calcaire, on a de l'argile ou du schiste; si c'est le sable et l'argile, on a du calcaire; s'il s'introduit dans la pâte des cailloux ou fragments divers, on a du gompholite passant quelquefois au poudingue, et ces diverses roches alternent plus ou moins entre elles. Le gompholite, que les Suisses appellent *nagelfluh*, paraît se trouver de préférence dans la partie supérieure, et compose presque tout le mont *Rigi*, où il s'élève à l'altitude de 1 900 mètres, en paraissant plonger sous des calcaires plus anciens, apparence due, soit à une faille, soit à un renversement. Les fragments qui entrent dans la composition de la roche du Rigi sont principalement de calcaire, mais il y en aussi de macigno, de psammite, de quartz et de beaucoup d'autres roches. On a cru notamment y rencontrer du granite et du porphyre, analogue à ceux que l'on voit en place dans les Vosges et dans le Schwarzwald. Ces fragments sont quelquefois si considérables qu'ils forment des blocs de plusieurs mètres cubes. La pâte qui les unit est souvent friable, mais d'autres fois le tout forme des masses assez cohérentes pour que les noyaux se fendent plutôt que de se détacher.

Les fossiles sont en général très rares dans lieux où la molasse proprement dite est bien prononcée; mais il y a des couches friables, que M. Studer appelle *muschel sandstein*, qui renferment beaucoup de coquilles marines, ainsi que des débris de mammifères, de reptiles et de poissons.

Ces couches se lient avec celles de l'assise inférieure qui renferment des coquilles d'eau douce et quelquefois du lignite. Ce combustible est notamment exploité à Kœpfnach près d'Horgen, canton de Zurich, où l'on a trouvé des restes de rhinocéros, de mastodonte, de castor, etc.

Le terrain nummulitique de la Suisse appartient à un immense dépôt, qui forme une bande presque continue depuis les côtes occidentales de l'Espagne jusqu'aux frontières de l'Indochine. La classification de ce dépôt a donné lieu à beaucoup de discussions, et si la plupart des géologues, guidés par les rapports paléontologiques, y voient maintenant le terrain éocène, d'autres continuent à le rapporter au terrain crétacé, et on le considérait au commencement de ce siècle comme étant encore plus ancien. Ces variations n'auront rien d'étonnant pour ceux qui

prendront en considération, d'un côté, l'opinion théorique qui a longtemps régné, que les dépôts des montagnes devaient être plus anciens que ceux des plaines, et, d'un autre côté, les renversements qui ont souvent lieu dans les hautes montagnes, ainsi que les grandes différences qui existent entre les caractères stratigraphiques et minéralogiques du terrain à nummulites des Alpes et des Pyrénées, comparé à celui qui renferme des fossiles analogues dans les plaines du nord-ouest de la France. Mais actuellement que l'étude de la molasse suisse nous a fait voir qu'une même assise peut se présenter en couches horizontales meubles au pied du Jura et en couches verticales et cohérentes sur les croupes des Alpes, on est plus disposé à accueillir les résultats donnés par la paléontologie, lorsqu'elle vient nous dire que sur 1677 espèces de fossiles, observées dans la grande bande nummulitique, il y en a seulement cinq reconnues comme analogues à des fossiles du terrain crétacé, tandis qu'il y en a 270 qui se retrouvent dans les bassins éocènes du nord-ouest, et qui appartiennent aux espèces que l'on y considère comme les plus caractéristiques (1).

On distingue dans ce dépôt deux systèmes : l'un, qui est connu dans le pays sous le nom de *flysch* (2), et qui a souvent été décrit sous celui de *schistes* et de *grès à fucoïdes*, atteint, entre autres, une altitude de près de 3 000 mètres au *Feuerstein*, entre les lacs de Lucerne et de Thun ; il est composé de calschiste gris ou noir et de macigno tenace, souvent schistoïde, quelquefois presque compacte, ordinairement d'un gris foncé, et dont les couches ont une surface un peu ondulée, inégale et enduite de marne. Ces roches passent continuellement de l'une à l'autre, et passent aussi au calcaire, au schiste, au quartzite, au gompholite, etc. Les seuls fossiles dont l'existence soit bien constatée dans ce système sont les *Fucoïdes* (*Chondrites*) *intricatus*, *æqualis*, *Targionii*.

Le système suivant, que M. Studer a nommé *calcaire* et *grès à nummulites*, est notamment très prononcé au *mont Pilate*, au sud de Lucerne; il contient plus de calcaire, et présente moins de texture schistoïde que le flysch, mais il est surtout caractérisé par l'abondance de fossiles, notamment par les *Nummulites planulata*, *nummularia*, *perforata*, *Ramondi*, *spira;* le *Conoclypus conoïdeus*, la *Melania costellata*, la *Tur-*

(1) Voir à ce sujet le beau travail que M. d'Archiac a inséré dans le tome III de son *Histoire des progrès de la géologie*.

(2) Ce nom de *flysch* étant pour les Suisses une dénomination minéralogique plutôt que géognostique, on doit éviter de le considérer comme s'appliquant exclusivement au système qui nous occupe en ce moment, car il paraît qu'il y a aussi des flysch crétacés et des flysch jurassiques.

ritella imbricataria, etc. Ce système repose immédiatement et en stratification concordante sur le terrain crétacé, avec lequel on l'a longtemps confondu, et qui le recouvre dans les cas de renversement qui se voient fréquemment dans les Alpes.

Nous terminerons ces exemples par les **terrains tertiaires de la Toscane**, qui présentent aussi des caractères particuliers.

Le **terrain pliocène** y est plus connu sous le nom de *terrain subapennin*, parce qu'il fait partie d'un vaste dépôt qui forme des collines et des bassins au pied des deux versants de la chaîne principale des Apennins. On peut y distinguer trois systèmes ou étages caractérisés respectivement par la prédominance du calcaire, du sable et de la marne.

Le *système calcareux* est peu important et formé de couches peu étendues, de blocs et des rognons d'un calcaire qui varie beaucoup par sa texture et même par sa composition, présentant des variétés concrétionnée, celluleuse, grossière, grenue, compacte, lumachelle, sableuse, argileuse, etc. Il est communément marin et il est alors connu sous le nom de *Panchina* (1); d'autres fois il est d'eau douce et se confond avec le travertin. Il est parfois occompagné de gypse.

Le *système sableux* ou *sables subapennins*, se compose de sables ordinairement jaunâtres, souvent mélangés d'argile, ainsi que de carbonate calcique et passant quelquefois au macigno, à la marne, au calcaire et au grès.

Le *système marneux* ou *marnes subapennines*, *mattaione* des Toscans, est très développé et se compose principalement de marnes, communément d'un gris bleuâtre, plus ou moins foncé selon le degré de dessication. Ces marnes ont une grande tendance à s'ébouler lorsqu'elles sont humectées, ce qui donne un aspect tout particulier aux collines qui en sont composées parce que la végétation ne peut s'y établir. Elles contiennent souvent du mica, quelquefois du sable, ainsi que des bancs et des rognons de calcaire argileux et de macigno; on y trouve aussi du gypse et du sel marin.

Ces dépôts renferment une immense quantité de fossiles : les coquilles y sont tellement abondantes qu'elles forment des lits entiers. Quelques-unes de leurs espèces se retrouvent encore vivantes dans la Méditerranée; et il y a des individus si bien conservés que l'on y voit des bivalves dont le ligament existe encore, et d'autres même qui n'ont point perdu leurs couleurs. On y trouve aussi des ossements de mammifères, notamment d'éléphants, de mastodontes, de rhinocéros, d'hippopotames, de

(1) Voir la note de la page 228.

tapirs, le [illegible], etc.; mais, quoiqu'il y ait quelquefois de ces ossements dans les marnes, ils appartiennent plus particulièrement, comme dans le val d'Arno supérieur, à des dépôts caillouteux que l'on a souvent rapportés au diluvium, mais que les géologues toscans considèrent maintenant comme pliocènes (1).

Le **terrain miocène** (2) de la Toscane a une composition fort variée et très irrégulière; ses couches sont communément disloquées et inclinées; elles consistent en macignos plus ou moins friables, en calcaires plus ou moins argileux, en marnes, en sables, en roches poudingiformes qui renferment, entre autres, des fragments d'ophiolites. Il renferme aussi des amas de gypse, notamment dans les environs de Volterre, où on l'exploite pour faire des ouvrages de sculpture, connus dans le commerce sous le nom d'albâtre. On y trouve quelquefois des matières charbonneuses; on a même extrait de la véritable houille à Monte-Bamboli dans les Maremmes. On y exploite aussi des veines ou petits filons de calcédoine.

Les dépôts de la Toscane, que l'on considère maintenant comme **terrain éocène** (3), forment la majeure partie de la chaîne des Apennins et se composent d'un grand système où domine le macigno et qui sépare deux systèmes où domine le calcaire.

Le *calcaire supérieur*, connu en Toscane sous le nom d'*alberese* (4), est ordinairement compacte, souvent argileux et se lie avec le *macigno*. Celui-ci est souvent assez tenace pour donner d'excellentes pierres de taille, telles sont celles des belles carrières *de Fiésole*, près de Florence; sa couleur est souvent bigarrée de gris-jaunâtre, de gris-verdâtre et de gris bleuâtre; il contient presque toujours du mica et passe au calschiste, au calcaire, au schiste, au psammite, au jaspe, au stéaschiste et à d'autres modifications, notamment à une matière que les Toscans nomment *gabbro rosso*, parce qu'elle a quelques rapports avec les roches du terrain ophiolitique, qu'ils désignent quelquefois par le nom géné-

(1) Cocchi, Bull. de la Soc. Géol. de France, t. XIII, p. 281.

(2) On a beaucoup discuté, dans ces derniers temps, sur le classement des terrains miocènes d'Italie, dans lesquels plusieurs géologues ont vu pendant longtemps du terrain éocène. Il est vraisemblable que les nouvelles recherches sur le terrain nummulitique qui ont été citées [illegible]ntes les opinions à celle que M. Savi avait déjà énoncée à une époque où [illegible] macigno de Fiesole comme crétacé.

(3) [illegible]ole, de même que le flysch du Feuerstein, a été longtemps rangé dans [illegible] dans des groupes plus anciens. Pilla en avait fait, dans ces derniers [illegible]lier sous le nom de *terrain hétrurien*. Le travail de M. d'Archiac [illegible] fixé dans le terrain éocène.

(4) [illegible] donner au nom d'*alberese* une acception géognostique qui l'appliquerait [illegible] qui nous occupe. Il a au contraire un sens minéralogique et s'applique [illegible], notamment à du calcaire crétacé.

rique de *gabbro*, mais qui en diffère beaucoup par sa composition, laquelle a de l'analogie avec celle des schistes. On trouve aussi quelquefois dans la partie supérieure de petits dépôts de lignite. Les fossiles sont rares dans le macigno : les plus caractéristiques sont les *Fucoides* (*Chondrites*), *intricatus*, *furcatus* et *Targionii* ainsi que le *Chiton antiquus*.

Le *calcaire inférieur* présente beaucoup de variations et il est surtout caractérisé par la présence des nummulites.

Tous les dépôts tertiaires de la Toscane sont traversés dans certaines localités par des roches plutoniennes dont nous n'avons pas à nous occuper en ce moment.

4e *ORDRE*. — TERRAINS SECONDAIRES.

Caractères généraux. — Les terrains secondaires se distinguent par leurs fossiles dont nous avons déjà indiqué les caractères principaux, p. 205.

Ces terrains sont très abondants à la surface du globe; ils ont ordinairement une épaisseur plus considérable que les terrains supérieurs; ils sont communément moins circonscrits sous la forme de bassins, et les mêmes étages présentent en général moins de différences paléontologiques locales.

Division en sous-ordres. — On est assez généralement d'accord pour distinguer dans les terrains secondaires trois subdivisions que nous désignons par les épithètes de *crétacée*, *jurassique* et *permienne*.

1er *sous-ordre*. — **Terrain crétacé.**

Caractères généraux. — Le terrain crétacé se distingue par ses caractères paléontologiques, ainsi que par sa position immédiatement en dessous des terrains tertiaires. Quant à ses caractères minéralogiques, ils présentent beaucoup de variations, et l'on y voit dominer, selon les lieux et les étages, la craie, le tuffeau, le calcaire compacte, la marne, l'argile, le calschiste, le sable, le grès, le macigno, le poudingue, etc.

Ce terrain paraît ne point exister dans les régions polaires, car le point le plus septentrional où on l'a observé est Thisted en Jutland, vers le 57e degré de latitude, et, d'après L. de Buch, ses limites fléchissent vers le sud à partir de ce point.

Division en étages. — Nous divisons ce terrain crétacé en trois

étages que l'on peut considérer, jusqu'à un certain point, comme caractérisés par les fossiles suivants, savoir :

Étage supérieur. *Nautilus danicus*, *Baculites Faujasii*, ***Belemnites mucronatus***, *Hippurites radiosus*, *Radiolites Bournoni*, *Ostrea vesicularis*, *Crania parisiensis*, *Ananchytes ovata*.

Étage moyen. *Ammonites rothomagensis*, *A. varians*, *A. Beudanti*, *A. mantelli*, *Scaphites æqualis*, *Inoceramus problematicus* *Pecten asper*, *Ostrea auricularis*, *O. columba*, *O. aquila*.

Étage inférieur. *Belemnites dilatatus*, *Ammonites radiatus*, *Chama ammonia*, *Radiolites neocomiensis*, *Ostrea Couloni*, *Echinospatagus cordiformis*(1).

Le terrain crétacé occupe, dans le nord-ouest de la France, presque toute la grande dépression qui a été indiquée ci-dessus (p. 239) sous le nom de **bassin de Paris**; mais il y est le plus ordinairement recouvert, surtout dans la partie centrale, par des dépôts tertiaires et quaternaires et il est percé, dans le nord-ouest par le relèvement des terrains inférieurs qui forment comme deux petites îles connues sous les noms de Boulonais et de Pays de Bray. Le sol n'y atteint pas une grande altitude et ne présente pas de fortes inégalités; il a même beaucoup de tendance à former des plaines, surtout dans les parties où les dépôts tertiaires perdent l'épaisseur qui les caractérise dans le centre. Cependant le terrain crétacé s'élève, et présente même des inégalités assez prononcées, lorsqu'il approche des dépôts jurassiques, qui forment autour du massif crétacé une espèce de demi-ceinture qui s'appuie sur les terrains primordiaux de la Bretagne, du plateau central de la France et des monts Hercyniens. Enfin le massif crétacé qui nous

(1) Le terrain crétacé est le groupe dans lequel on a établi le plus d'étages désignés par des noms spéciaux adjectifs, voici ceux admis par A. d'Orbigny et par M. Coquand, mis en rapport avec mes trois étages.

Supérieur	Danien	Dordonien. Campanien.
	Sénonien	Santonien. Coniacien.
Moyen	Turonien	Provencien. Angoumien.
	Cénomanien	Carantonien. Gardonier. Rothomagien.
	Albien	Albien.
	Aptien	Aptien.
Inférieur	Neocomien	Urgonien. Néocomien. Valangien.

Dumont avait de son côté créé les dénominations de Heersien, Maestrichtien, Nervien, Hervien et Aachenien; M. Renevier celle de Rhodanien, etc.

On a aussi compris dans le terrain crétacé un étage Veldien qui a figuré dans mes éditions précédentes, mais il résulte d'observations plus récentes qu'il convient de ranger une partie des dépôts dont on formait cet étage dans le terrain jurassique et que l'autre doit être considérée comme une division d'eau douce de l'étage crétacé inférienr ou terrain néocomien.

occupe est coupé le long de la Manche par des falaises escarpées. La profondeur de 540 mètres que l'on a atteint au puits de Grenelle, à Paris, sans sortir du terrain crétacé, et la présence au jour du terrain jurassique, dans le pays de Bray, annoncent que la surface interne du massif crétacé est plus inégale que sa surface externe.

Ce dépôt présente la stratification que l'on appelle horizontale, parce que l'on n'y voit pas ces grands relèvements des dépôts dits en couches inclinées; mais ses couches sont loin d'être parfaitement horizontales, puisque l'on a reconnu que celles qui s'enfoncent, à Paris, à plus de 500 mètres au dessous du niveau de la mer, se relèvent, vers la bordure jurassique, à une altitude de plus de 300 mètres.

L'**étage supérieur** peut y être considéré comme composé de trois systèmes très inégaux.

L'un ne consiste que dans quelques petits lambeaux d'un *calcaire* ordinairement blanchâtre, compacte et dur, que M. Charles d'Orbigny a nommé *pisolitique*, parce que, à *Meudon* près de Paris, lieu où il a été observé pour la première fois, il se présente quelquefois sous la forme de grains et de noyaux agglutinés. Ce calcaire est exploité comme pierre à bâtir dans beaucoup de localités, notamment à Laversine près de Beauvais, ainsi que près de Vertus et près de Montereau. Il renferme souvent du silex qui se lie avec le calcaire, de manière que l'on est conduit de l'une à l'autre de ces substances par une série de nuances insensibles. Les lambeaux formés par ce calcaire son très peu étendus, mais ils atteignent quelquefois une épaisseur de près de 30 mètres; ils reposent sur la craie blanche en stratification transgressive. Leurs fossiles forment une faune tellement différente que A. d'Orbigny rapporte que sur 55 espèces de mollusques et de polypiers que l'on y a observées, il y en a 51 qui n'on point encore été rencontrées ailleurs, deux qui se trouvent dans la craie blanche, et deux autres qui se trouvent à Faxoe en Danemark, où il existe un autre dépôt de calcaire qui a beaucoup de ressemblance avec celui qui nous occupe.

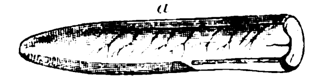




Fig. 63. Nautilus Danicus, *Schlot.*

Le second système est encore moins développé et n'est connu que par un petit dépot de *tuffeau* jaunâtre qui existe à *Ciply* près de Mons en Hainaut où il renferme une immense quantité de fossiles (1).

Le troisième système ou *craie blanche* forme au contraire un vaste et puissant dépôt qui s'étend sur presque toute la partie septentrionale du massif crétacé du bassin de Paris; mais il y est, ainsi que nous l'avons déjà dit, ordinairement recouvert par des dépots tertiaires et quaternaires. Cependant il existe, en *Champagne*, une grande bande où la craie est presque à nu et détermine l'existence d'une contrée très aride. Cette craie présente, du moins dans sa partie supérieure, les propriétés qui caractérisent cette variété de calcaire, c'est à dire d'être propre à faire des crayons, du blanc pour la peinture et de la chaux, ainsi que de renfermer des silex pyromaques noirs dont la quantité varie selon les lieux. Elle est quelquefois assez cohérente pour être employée comme pierre à bâtir, telle est celle de Caumont près de Rouen.



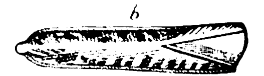


Fig. 66. Belemnites Mucronatus, *Schlot*
b coupe montrant la structure intérieure.

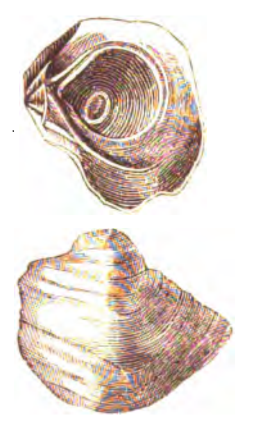


Fig. 67. Ostrea Vesicularis, *Lmk*.

(1) Je ne parle ici du tuffeau de Ciply que parce qu'il repose sur le massif crétacé du bassin de Paris, car on doit plutôt y voir une dépendance du massif crétacé de Maestricht dont il a les caractères minéralogiques et paléontologiques, mais dont il est tout à fait séparé.

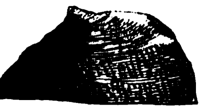
 

Fig. 68. Crania parisiensis, *Defrance.*

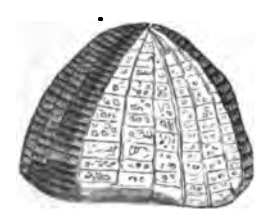
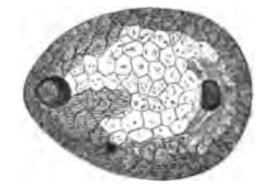
 

Fig. 69. Ananchytes Ovata, *Lmk.*

L'**étage moyen**, tel que nous le limitons, s'étend presqu'exclusivement sur toute la partie méridionale du massif crétacé et se montre en outre dans la partie septentrionale sur les bords de l'étage supérieur. Sa composition est beaucoup plus variée que celle de ce dernier. La craie y perd sa couleur blanche et devient jaunâtre, grisâtre, verdâtre, sa texture devient plus grossière, sa cohérence plus inégale, elle se mélange avec de l'argile, du sable, de la chlorite, du mica et passe au tuffeau, à la marne, au sable, au macigno, au grès, au poudingue, au gompholite, à l'argile, à l'ocre, à l'argilite, etc. Les silex y sont ordinairement de couleurs moins foncées que ceux de la craie blanche, et passent au jaspe et au grès. Ils sont quelquefois susceptibles de donner de bonnes pierres à fusil dont les environs de Saint-Agnan faisaient une grande exportation avant la réforme qu'ont subies les armes à feu.

Le développement inégal que prennent l'un ou l'autre de ces systèmes détermine les caractères particuliers de certaines contrées.

Nous citerons en premier lieu, pour suivre l'ordre des superpositions, le *tuffeau* qui est très développé dans la *Touraine* et dans l'Anjou, où il est exploité comme pierre à bâtir.

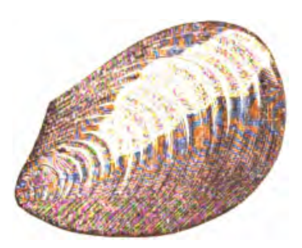


Fig. 70. Inoceramus (mytilites) problematicus. *Schlot.*



Fig. 71. Rhynchonella Cuvieri. *d'orb.*

Les *sables* dominent au contraire dans la partie orientale *du Maine* et dans le Perche. Ils sont quelquefois purs, plus souvent mélangés de chlorite qui les colore en vert, de limonite qui les colore en brun. Ils passent au grès, au macigno, au poudingue, au gompholite, à la craie, à la marne, à l'argile, etc. On y exploite, sous le nom de *roussard*, un grès passant au poudingue où les grains et les cailloux siliceux sont unis par un ciment ferrugineux. Il est à remarquer à cette occasion que la silice, tant sous la forme de sable et de grès que sous celle de silex, est beaucoup plus abondante dans le sud-ouest que dans le nord-est du bassin de Paris. Cette circonstance a lieu non seulement dans le terrain crétacé, mais aussi dans les dépôts tertiaires et jurassiques. On trouve dans la partie inférieure de ces sables quelques couches calcarifères contenant l'*Ammonites Rothomagensis*, le *Scaphites æqualis* et la *turrilites costatus*, fossiles caractéristiques d'une assise qui se trouve à la côte Sainte-Catherine près de Rouen et dont les géologues se sont beaucoup occupé sous le nom de *craie chloritée*.

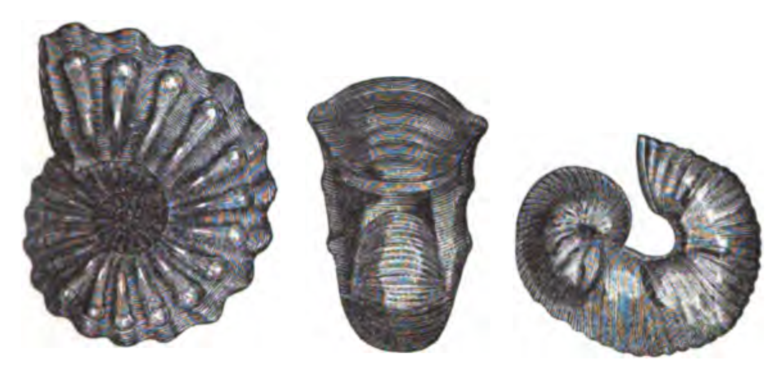


Fig. 72. Ammonites Rothomagensis, *Lmk.* Fig. 73. Scaphites æqualis, *Lmk.*

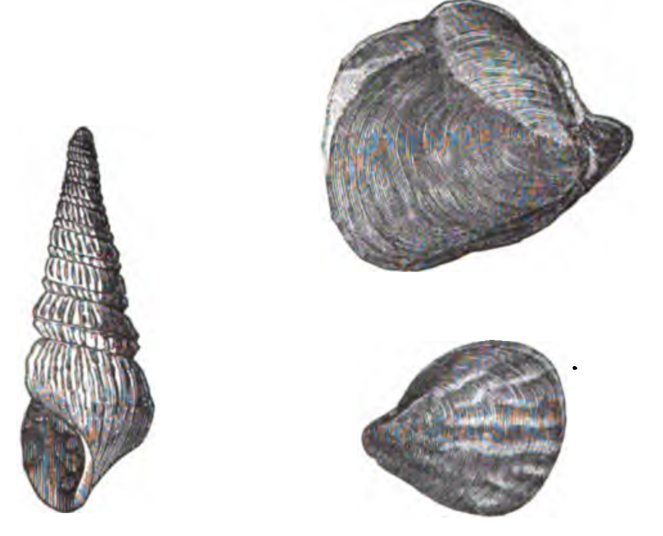


Fig. 74. Turrilites costatus. *Lmk.* Fig. 75. Ostrea (Gryphæa) columba, *Lmk.*

Dans le sud-est les roches argileuses sont plus communes et renferment des dépôts d'*ocre* qui sont exploités dans diverses localités *de la Puysaie* (1).

(1) J'avais cité, dans mes éditions antérieures, l'ocre de la Puysaie comme inférieure aux marnes argileuses du Perthois, mais M. Raulin a fait voir, depuis lors (*Bull. de la Soc. Géol.*, 1851, IX, 25), que ce dépôt leur est supérieur. L'erreur provient de ce que les marnes manquent dans la Puysaie.

Sur la bordure nord-est du massif crétacé, aux confins de la Champagne, l'*argilite*, connue dans le pays sous le nom de *Gaize*, donne un caractère particulier à la petite contrée *de l'Argonne*.

La *marne argileuse* bleuâtre détermine aussi le long de la craie de Champagne, entre l'Argonne et la Puysaie, l'existence de la vallée ou plaine *du Perthois*, remarquable par sa fertilité (1). Cette marne est très employée pour la fabrication des tuiles, d'où M. Leymerie la nomme *Argile téguline;* on la désigne souvent aussi par le nom anglais de *Gault*. Elle renferme quelquefois du calcaire argileux en rognons, du gypse en cristaux imparfaits et de l'oligiste rouge en petites plaques.

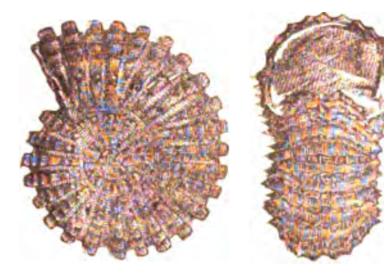


Fig. 76. Ammonites mammillatus, *Schlot.*

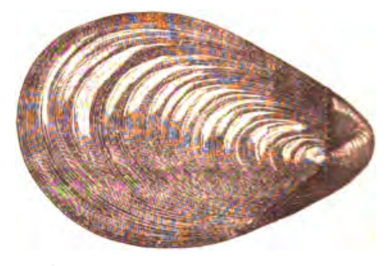


Fig. 77. Inoceramus concentricus, *Parkinson*

Les marnes du Perthois se lient intimement avec des *sables* et des grès de couleur verte qui sont notamment très bien prononcés à *Montiéramey*, département de l'Aube. Ces sables renferment les mêmes fossiles que les marnes du Perthois, mais ils reposent sur des argiles d'un gris foncé caractérisées par la présence de grandes huîtres ou par des plicatules (2).

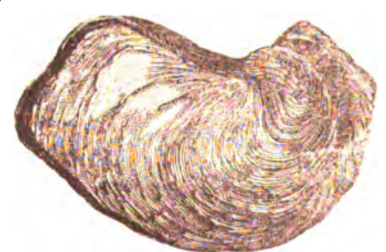


Fig. 78. Ostrea (Gryphæa) aquila, *Brgt.* (Sinuata, *Sow.*)

(1) On pourrait dire, à la rigueur, que la vallée du Perthois appartient aux dépôts quaternaires ou alluviens plutôt qu'à la marne crétacée ; mais, outre que ces dépôts n'y forment en général qu'une pellicule très mince, il est à remarquer que cette pellicule, qui repose sur un puissant dépôt de marne, est elle-même principalement formée aux dépens de celle-ci.

(2) J'avais, dans l'édition de 1853, suivi l'opinion des auteurs qui rangent les argiles à *Ostrea*

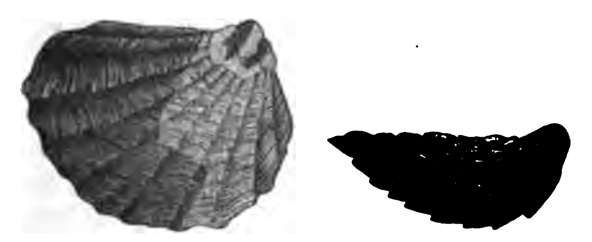


Fig. 79. Plicatula radiola, *Lmk.*

L'**étage inférieur,** plus connu sous le nom de ***néocomien,*** est peu développé dans le bassin de Paris, du moins tel que nous le restreignons (1). Il est cependant bien prononcé sur la bordure orientale du massif crétacé, entre la Seine et la Marne où il sépare l'étage moyen du terrain jurassique. On peut y distinguer trois systèmes principaux caractérisés par de la limonite, par du calcaire et par des sables.

La *limonite* forme une couche puissante qui alimente les nombreux établissements métallurgiques des environs *de Saint-Dizier*. Sa texture est oolitique et elle donne du fer d'excellente qualité. Elle passe à l'ocre ainsi qu'à la sanguine et elle est accompagnée de grès et d'argile bigarrées. Le tout repose sur une puissante assise d'argile grise passant au jaunâtre contenant des cristaux de gypse et beaucoup d'huîtres.



Fig. 80. Ostrea Leymerii, *Desh.*

Le *calcaire* est ordinairement compacte et jaunâtre; on l'emploie comme pierre à bâtir, notamment aux environs *de Vandeuvre*. Il est

aquila et à *plicatula radiola* dans l'étage néocomien, mais je crois préférable d'en revenir à l'opinion de MM. Cornuel, Leymerie, Raulin, etc., qui les placent dans le même groupe que les sables et les marnes qui leur sont superposés.

(1) Voir la note précédente.

caractérisé par la présence de l'*Échinospatagus cordiformis* de Breynius ou *Spatangus retusus* de Lamark, d'où il a été appelé *calcaire à spatangues*. Il alterne, surtout dans sa partie inférieure, avec des marnes bleues.

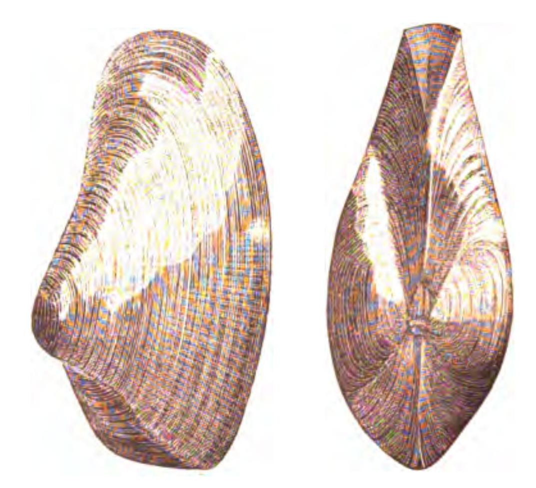


Fig. 81. Panopæa (Pholadomya) neocomiensis, *Leymerie*.

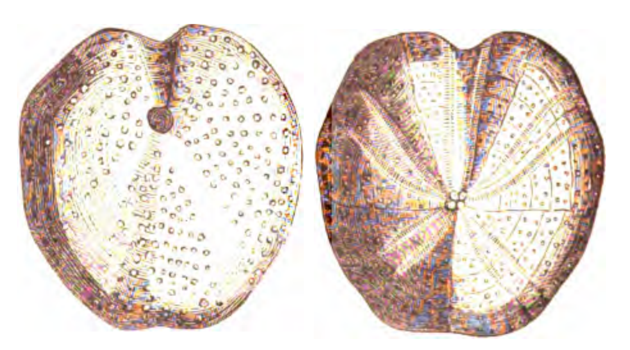


Fig. 82. Echinospatagus cordiformis, *Breynius* (Spatangus retusus *Lmk.*).

Les *sables* qui sont assez développés dans les environs *de Vassy*, sont ordinairement *ferrugineux* et passent au grés, ainsi qu'à une limonite en fragments géodiques, et reposent sur une marne argileuse noirâtre.

Il existe aussi un grand dépôt de **terrain crétacé** dans le sud-est **de l'Angleterre.** Il ressemble beaucoup à celui du bassin de Paris, dont il n'est séparé que par la Manche, tandis que du côté opposé il s'appuie de même sur le terrain jurassique, et que, dans le milieu, il est recouvert par le massif tertiaire de Londres.

On n'y a point observé de dépôts intermédiaires entre le terrain éocène et la *craie blanche*. Celle-ci y est très bien prononcée et passe, dans sa partie inférieure, à de la *craie marneuse* ou craie grise, et à de la *craie chloritée* ou craie verte, laquelle est suivie de sables ordinairement colorés en vert par de la chlorite, d'où on les a appelés *upper greensand*. On les a aussi nommés *système du malm*, d'après le nom que l'on donne dans le pays à une variété de macigno qui les accompagne, et que l'on désigne d'autres fois par le nom de *firestone*, parce qu'elle est recherchée pour les constructions qui doivent résister au feu. Ces sables sont suivis par une marne argileuse d'un gris bleuâtre ou gris noirâtre, rude au toucher, passant à l'argile et au sable, que l'on nomme *gault* ou *galt*, au dessous de laquelle on trouve une nouvelle assise sableuse nommée *shanklin sand* ou *lower greensand*. La partie supérieure de cette assise est ordinairement composée de sables ferrugineux renfermant de la limonite et des silex ; sa partie inférieure est principalement composée de sable vert passant à un grès verdâtre et renfermant des rognons de calcaire bleuâtre.

Dans la partie sud-ouest du massif, des dépôts d'argile et de sable, inférieurs à ceux que nous venons d'indiquer, s'élèvent en forme de voûte, et déterminent l'existence d'une contrée boisée connue sous le nom de *Weald*.

L'*argile* ou *Weald clay* est grise ou d'un bleu noirâtre, schistoïde ; elle devient sableuse dans sa partie inférieure et renferme quelquefois de petits bancs de lumachelle ; ses fossiles sont des cypris, des paludines, des mulettes, des cyclades et d'autres coquilles d'eau douce, ainsi que des restes d'animaux vertébrés, quelques huîtres et quelques moules ; elle renferme des bancs subordonnés d'un calcaire que l'on emploie sous le nom de *marbre de Sussex*, et qui est remarquable par les nombreuses paludines qui se dessinent en blanc sur un fond gris foncé.



Fig. 83. Unio subtruncatus. *Sow.*

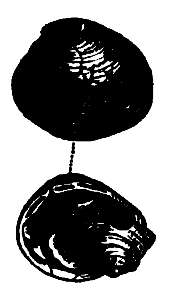


Fig. 84. Cyclas media, *Sow.*

Le *sable* ou *Hastings sand* est ordinairement ferrugineux, d'où on l'appelle aussi *iron sand*. Il passe au grès, soit ferrugineux, soit calcarifère, et renferme en outre des lits d'argiles grises ou rouges, et des marnes ainsi que des bancs de lumachelle. Le grès est souvent appelé *Tilgate's beds*, du nom d'une forêt qui est son principal gîte; les fossiles sont à peu près les mêmes que ceux du Weald clay. Les restes d'animaux vertébrés y sont plus faciles à déterminer, et l'on y a notamment reconnu les énormes reptiles nommés mégalosaure et iguanodon, ainsi que d'autres débris appartenant aux genres hiléosaure, plésiosaure, émyde, trionyx, plusieurs poissons et des végétaux.

Le **terrain crétacé** forme **en Saxe et en Bohême** deux associations principales où dominent respectivement le calcaire et le grès. La première a été nommée *plænerkalk*, et la seconde *quadersandstein*; mais on a reconnu, dans ces derniers temps, qu'il y a quelquefois de ces grès au dessus du calcaire.

Le *plænerkalk* est un calcaire ordinairement de couleur blanche qui a plus de ténacité que la craie et qui passe au calcaire compacte; sa stratification est ordinairement horizontale, mais elle est quelquefois inclinée et irrégulière dans le voisinage des roches primordiales. Il est parfois pur, mais d'autres fois il est plus ou moins mélangé de silice et d'alumine et passe à une roche blanche compacte ou grenue qu'à la vue on prendrait pour du calcaire, mais qui ne contient plus de carbonate calcique.

Le *quadersandstein*, ou grès propre à faire des carreaux, dénomination industrielle qui a donné lieu à beaucoup de confusion et que Humboldt a remplacée par celle de *grès de Kœnigstein*, est un grès généralement blanchâtre et assez pur qui devient quelquefois un peu argileux; ses grains sont très fins, en quelques endroits il est friable et se réduit en sable; dans d'autres il est très cohérent et donne d'excellentes pierres de taille. Cette roche est ordinairement en couches horizontales souvent très épaisses, et traversées par un grand nombre de fissures qui coupent les joints de stratification à angle droit; elle forme, le long des vallées, des escarpements semblables à des murailles, et qui donnent à la contrée un aspect d'autant plus pittoresque que des fentes verticales font quelquefois prendre à la masse de grès l'apparence de colonnes rangées à côté les unes des autres; c'est notamment ce qui a lieu à Adersbach en Bohême, où l'on voit des colonnes de près de cent mètres s'élever, comme par un effet de l'art, au milieu d'une belle prairie. Du reste, quand on examine ces colonnes, on reconnaît qu'elles sont formées de tronçons posés horizontalement et qui correspondent aux différentes

couches qui composent les massifs voisins. Ce système renferme quelquefois de petits bancs de calcaire, de marne, d'argile, de limonite et de lignite.

Les fossiles ne sont pas très abondants dans les dépôts crétacés de Saxe et de Bohême; on les considère comme annonçant l'étage moyen.

Le **terrain crétacé du Jura** appartient exclusivement à l'étage inférieur, et c'est de là qu'est venu le nom de *Néocomien*, tiré de la ville de Neufchâtel en Suisse. Il y est en général resserré dans les vallées et quoique ses couches soient plus ou moins inclinées, ainsi que celles du terrain jurassique sur lequel il s'appuie, il n'atteint pas les hautes sommités.

M. Marcou (1) y distingue 8 systèmes qu'il distribue dans trois groupes, savoir : deux dans le groupe supérieur et 3 dans chacun des deux autres. Ces 8 groupes sont :

1° Le *calcaire de Noirvaux* qui est très cohérent, ordinairement compacte, quelquefois oolitique, de couleur blanche et qui renferme entre autres fossiles la *Chama ammonia* et la *Radiolites neocomiensis*.

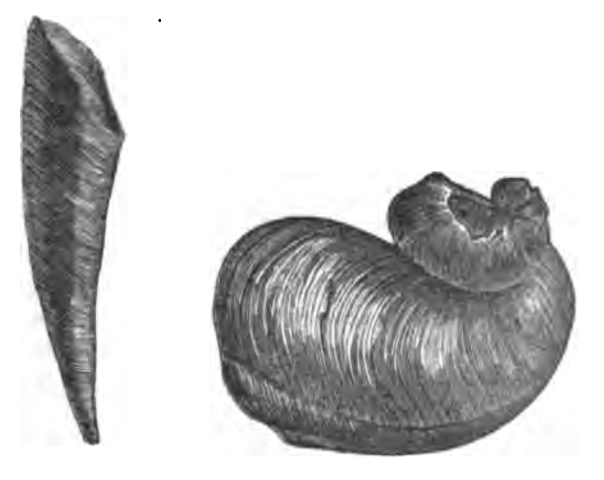


Fig. 85. Radiolites neocomiensis, *d'Orb.* Fig. 86. Chama ammonia, *Goldf.*

2° Les *roches de Mauremont* qui consistent dans des marnes jaunâtres et dans un calcaire jaune oolitique passant au bréchiforme. Les fossiles y sont nombreux, on y trouve entre autres le *Toxaster couloni*, la *Chama Duboisii*, la *Janira atava*.

(1) Bib. univ. de Genève, 1859.

3° Le *calcaire jaune de Neufchâtel* qui a fourni les belles pierres de taille dont cette ville est bâtie et qui forme une assise importante.

4° Les *roches de l'Écluse* qui sont composées d'un calcaire jaunâtre avec des taches colorées en vert par la chlorite et contenant des rognons de Silex. On y trouve la *Rhynchonella depressa*, le *Pecten colloldinus*, etc.

5° Les *marnes d'Hauterive* qui sont d'un bleu grisâtre et qui renferment beaucoup de fossiles, notamment l'*Échinospatagus cordiformis* et l'*Ostrea couloni*.



Fig. 87. Ostrea (gryphæa) Coulnai, *Defr.*

6° La *limonite de Métabief* qui est plutôt un calcaire ferrugineux rougeâtre qu'une véritable limonite, mais qui cependant est quelquefois exploitée comme minerai de fer et passe d'autres fois à la marne. On y trouve beaucoup de reptiles et de poissons.

7° Le *calcaire de Sainte-Croix* ou d'*Auberson* est compacte, d'un gris clair passant au blanc et forme une puissante assise caractérisée par le *Toxaster Campichei* et le *Strombus Sautieri*.

8° Enfin les *marnes de Villars*, qui sont d'un gris foncé, alternent dans la partie supérieure avec des couches minces de calcaires argileux et dans la partie inférieure avec quelques lits colorés en noir par des matières charbonneuses, on y trouve aussi quelquefois de petits amas de gypse. Leurs fossiles sont des coquilles d'eau douce, tels que planorbes, physes, paludines, cyclades et anodontes.

Le **terrain crétacé des Alpes suisses** diffère beaucoup de ceux dont nous venons de parler. Il forme des montagnes de plus de 3000 mètres d'altitude, composées de calcaires noirs ou gris traversés par des veines cristallines de macigno tenace, de calschistes et d'autres roches de couleur ordinairement foncée, en couches relevées sous toutes sortes d'angles et fortement contournées et plissées. Il se lie si intimement avec le terrain tertiaire d'un côté, et avec le terrain jurassique de l'autre, que la ligne de démarcation est très difficile à tirer; toutefois nous considérons comme lui appartenant les quatre

systèmes que M. Studer (1) distingue sous les noms de *calcaire de Sewen*, de *calcaire à hippurites*, de *couches à inocérames*, de *calcaires et schistes noirs à spatangues*.

Le *calcaire de Sewen* est très développé dans les cantons d'Appenzell et de Schwitz, mais il paraît manquer dans les contrées plus occidentales; il est principalement composé d'un calcaire compacte, quelquefois schistoïde, d'un gris tacheté de noir passant parfois au rougeâtre, renfermant des feuillets ondulés de calschiste et dépourvu de débris organiques.

Le *calcaire à hippurites* en renferme au contraire beaucoup, mais qui sont en général fort altérés. M. Studer y a reconnu l'*Hippurites Blumenbachii*, l'*Ostrea carinata*, la *Chama ammonia*, et une grande coquille voisine des tornatelles. Ce calcaire est d'un gris brunâtre, sa cassure est écailleuse et il forme d'immenses rochers creusés par des cavités dans lesquelles les eaux s'engouffrent.

Le *système à inocérames* est formé d'un macigno tenace à grain très fin, vert noirâtre à l'intérieur, brun rougeâtre à l'extérieur, et caractérisé par la présence d'une grande quantité de fossiles où l'on distingue, entre autres, les *Inoceramus concentricus* et *sulcatus*, l'*Ammonites subcristatus*, la *Turrilites Bergeri*, les *Trochus Bergeri* et *cirroïdes*, le *Cassis avellana*, le *Micraster minimus*,

Enfin le système le plus inférieur est formé d'un calcaire noir ou gris foncé, en couches peu épaisses passant au calschiste et au macigno schistoïde; on y trouve beaucoup de fossiles, notamment l'*Echinospatagus cordiformis* qui est le plus généralement répandu; on y cite aussi les *Ostrea aquila*, *cornu-arietis*, *auricularis*, *carinata*, etc.

2e *Sous-ordre*. — **Terrain jurassique** (2).

Caractères généraux. — Nous avons déjà fait connaître les caractères paléontologiques du terrain jurassique, p. 206, mais nous ne pouvons pas indiquer de caractères minéralogiques distinctifs, car nous n'oserions donner comme tel la circonstance que l'on n'y a pas encore trouvé de craie. Du reste, on remarque dans le terrain jurassique, comme

(1) Mém. de la Soc. Géologique de France, III, 384.

(2) Ce groupe est ordinairement désigné dans la geognosie anglaise sous le nom d'*oolite*, parce que la texture oolitique y est très commune en Angleterre. Je préfère la dénomination géographique plus usitée en France et en Allemagne, laquelle tire son origine de ce que ce terrain joue un rôle important dans la composition du Jura.

dans la plupart des autres terrains neptuniens, cette propriété que celui qui existe dans les contrées basses présente ordinairement une stratification horizontale, des calcaires grenus, des argiles délayables et des sables meubles; tandis que celui des montagnes offre plus communément des couches inclinées ou contournées, des calcaires compactes ou saccharoïdes, des schistes cohérents, des quartzites ou des macignos tenaces.

Division en étages. — On divise assez ordinairement le terrain jurassique en quatre étages, que nous désignons par les épithètes de *portlandien*, d'*oxfordien*, de *bathonien* et de *liasique*, qui tirent respectivement leur origine de l'île de Portland, des villes d'Oxford et de Bath en Angleterre, et du nom de *lias*, que les carriers anglais donnent à un système particulier de calcaire argileux (1).

Le **terrain jurassique de l'Angleterre** étant le premier qui ait été décrit avec soin, et ses membres ayant été généralement pris pour termes de comparaison avec ceux des autres contrées, nous allons en donner une idée sommaire. Ce dépôt forme une bande dirigée du nord au sud, qui s'élève de dessous le terrain crétacé, et qui s'appuie sur les terrains plus anciens qui règnent à l'ouest. Les quatre étages s'y trouvent très bien prononcés, et divisent la bande principale en quatre autres bandes à peu près parallèles, mais plus ou moins interrompues.

L'**étage portlandien,** tel que nous le limitons maintenant, est composé de cinq systèmes qui correspondent aux dépôts nommés dans la géognosie anglaise *Purbeck Limestone*, *Portland Stone*, *Portland Sand*, *Kimmeridge Clay*.

Le *calcaire de Purbeck* ne se trouve que dans le sud-ouest de l'Angleterre en lambeaux fort peu étendus mais fort épais; il est ordinairement gris et compacte, mais il devient parfois si coquillier qu'il passe à la lumachelle. On l'emploie comme pierre à bâtir et quelquefois comme marbre; ses assises sont souvent séparées par des lits argileux. Ce système renferme beaucoup de fossiles consistant principalement en coquilles d'eau douce des genres cypris, paludine, physe, lymnée, cyclade, etc., mais il y a aussi des assises qui contiennent des coquilles

(1) Les trois premiers de ces étages correspondent aux trois divisions qui sont habituellement désignées dans la géologie anglaise par les noms d'*Upper oolite*, *Middle oolite* et *Lower oolite*. D'un autre côté, A. d'Orbigny, qui a conservé mes quatre dénominations ci-dessus, a restreint considérablement les limites que je leur avais attribuées, de manière que mon étage *Portlandien* contient en outre son étage *Kimmeridien ;* mon étage *Oxfordien :* ses étages *Corallien* et *Callovien ;* mon étage *Bathonien :* son étage *Bajocien* et mon étage *Liasique :* ses étages *Toarcien* et *Sinémurien*.

marines. Tel est notammment le *lit* dit *de cendres* (*cinder bed*) qui renferme une immense quantité d'*Ostrea distorta*. Un autre *lit* dit *de boue* (*dirt bed)* composé d'une terre noirâtre imprégnée de lignite est remarquable par les débris de végétaux qui s'y trouvent et parmi lesquels on voit des troncs et des racines qui sont encore dans leur position originaire. Enfin ce système est remarquable parce que l'on y a découvert, en 1854, des mâchoires d'un petit mammifère insectivore auquel M. Owen a donné le nom de *Spalacotherium* et qui appartient peut-être à la sous-classe des monodelphes.



Fig. 88. Physa Bristovii, *E. forbes.*



Fig. 89. Paludina sussexiensis, *Mant.*

Le *calcaire de Portland* a ordinairement la texture oolitique et une couleur d'un blanc jaunâtre, il donne de bonnes pierres de construction. Il est peu étendu et ne se trouve que dans le sud de l'Angleterre, de même que le *Sable de Portland* sur lequel il repose. Celui-ci passe quelquefois au macigno. Parmi les fossiles de ces deux systèmes nous citerons la *Trigonia gibbosa* et le *Cardium dissimile* pour le calcaire et l'*Ostrea expansa* pour le sable.



Fig. 90. Trigonia gibbosa, *Sow.*

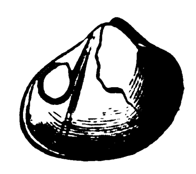


Fig. 91. Cardium dissimile, *Sow.*

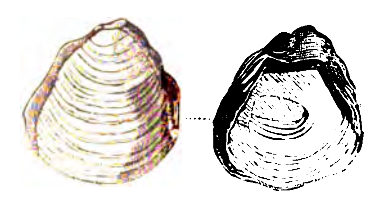
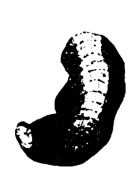
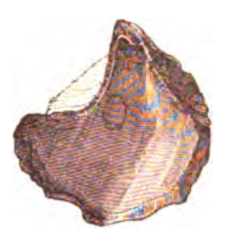


Fig. 92. Ostrea expansa, *Sow.*

L'**argile de Kimmeridge** est plus souvent une marne qu'une argile pure, sa couleur est ordinairement grise passant quelquefois au noir, ce qui est dû a du lignite qui l'imprégne et qui dans certaines localités devient assez abondant pour que la roche puisse être employée comme combustible. Dans sa partie inférieure elle devient souvent sableuse, renferme des bancs de calcaire argileux et se lie ainsi avec l'oolite d'Oxford. Elle est ordinairement caractérisée par une grande quantité d'huîtres, surtout d'*Ostrea Virgula.*





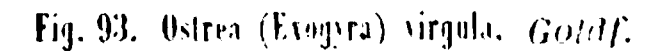


Fig. 93. Ostrea (Exogyra) virgula, *Goldf.*

Fig. 94. Ostrea deltoidea, *Sow.*

L'**étage oxfordien** présente dans sa partie supérieure des assises de calcaire, dont la texture, fort variable, est quelquefois oolitique, on l'appelle alors *Oxford oolite ;* souvent fragmentaire et renfermant une immense quantité de polypiers, on le nomme alors *coral rag.*



Fig. 95. Ostrea gregaria, *Sow.*



Fig. 96. Thecosmilia annularis, *Edw. et Hai.*

Le coral rag est séparé par des sables et des grès calcarifères (*calcareous grit*), d'une assise de marne argileuse, connue sous la dénomination d'*Oxford clay* et caractérisée par la présence de l'*Ostrea dilatata*. Cette marne alterne dans sa partie inférieure avec du calcaire argileux que l'on désigne par le nom de *Kelloway rock*.



Fig. 97. Ostrea (gryphæa) dilatata, *Sow.* Fig. 98. Ammonites perarmatus, *Sow.*



Fig. 99. Belemnites hastatus, *Blainv.*

L'**étage bathonien** présente dans sa partie supérieure le *cornbrash*, petit système de calcaire ordinairement schistoïde, qui se lie avec le *forest marble*, autre système calcareux, souvent schistoïde, qui doit son nom à un marbre très coquillier que l'on en retire. Vient ensuite le *Bradford clay*, petit système argileux qui renferme beaucoup d'*Apiocrinites rotundus* et qui est suivi par l'*oolite de Bath*, nommée plus souvent *great oolite*, parce que c'est dans cette assise que l'on trouve les bancs d'oolite les plus puissants. Le *fuller's earth*, système argileux que l'on emploie comme terre à foulon, sépare l'oolite de Bath de l'*inferior oolite*, autre système oolitique, dont les couches les plus inférieures sont ordinairement ferrugineuses. Il existe aussi dans cet étage un petit système de calcaire oolitique schistoïde, que l'on exploite à Stonefield pour faire des plaques qui servent à couvrir les toits, d'où on l'appelle *Stonefield's slate*, et que l'on croit une dépendance de l'oolite de Bath. Ce système est célèbre dans les fastes de la science, parce que l'on y a trouvé un os d'oiseau et des mâchoires de didelphes (*Thylacotherium* et

Phascolotherium) qui sont les premiers restes de mammifères qui aient été reconnus d'une manière positive dans les terrains secondaires.

Les systèmes du Bradford clay et du Fuller's earth sont remplacés dans l'Yorkshire, c'est à dire dans le nord de la bande jurassique, par des grès et des schistes passant au macigno et au calschiste, et renfermant de petits lits de charbon.

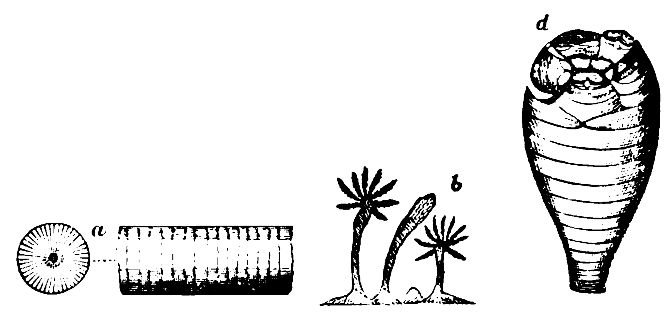


Fig. 100. Apiocrinites Rotundus, *Miller.*

a. Tige et articulation de grandeur naturellle. *b.* Trois individus complets à divers âges. *d.* Corps.



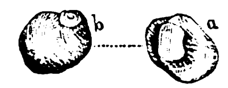




Fig. 101. Actæon (cylindrites) acutus, *Sow.*

Fig. 102. Nerita Costulata, *Sow.*

L'étage liasique est extrêmement remarquable par l'abondance et la conservation de ses fossiles; c'est le dépôt le plus riche en débris de grands sauriens. Cet étage est, ainsi que ceux qui le surmontent, composé d'assises argileuses, calcareuses et sableuses; mais son principal caractère minéralogique lui est donné par des marnes ordinairement bleuâtres, grisâtres et noirâtres, quelquefois jaunâtres ou même blanchâtres qui renferment souvent des rognons ou des bancs de calcaire, tantôt bleuâtre, tantôt blanchâtre, et fréquemment argileux.

Dans l'Yorkshire, l'étage liasique est divisé en trois systèmes distincts: le supérieur, *upper lias* ou *alum shale*, forme une vaste assise de marnes schistoïdes, voisine de l'ampélite que l'on exploite pour faire de l'alun, et qui sont traversées par un lit de rognons de calcaire argileux.





Fig. 103. Belemnites compressus, *Blainv.* Fig. 104. Ammonites bifrons, *Brug.*

Le système moyen est caractérisé par un macigno, nommé *marlstone*, quelquefois ferrugineux et alternant avec des marnes sableuses.





Fig. 105. Avicula Cygnipes, *Young.* Fig. 106. Ammonites clevelandicus, *Young*

Le système inférieur, ou *lower lias shale*, est composé d'une seconde

assise de marnes et d'argilite plus cohérentes et moins schistoïdes que celles du système supérieur.

Dans le midi, notamment aux environs de Bath, les marnes supérieures, ayant une faible épaisseur, ont longtemps été confondues, ainsi que le marlstone, avec l'*inferior oolite*, et l'on n'y considérait comme lias que le système inférieur, lequel s'y trouve au contraire beaucoup plus développé que dans l'Yorkshire, et présente un grand nombre de bancs de calcaire intercalés dans les marnes. Ce système est surtout caractérisé par la présence de l'*Ostrea arcuata* ou *Gryphæa incurva*, coquille qui est pour les géologues un des points de repère le plus généralement répandu et le plus caractéristique, aussi a-t-on souvent appelé le calcaire de ce système *calcaire à Gryphées*.



Fig. 107. Ostrea (Gryphæa) Arcuata, *Lmk*.

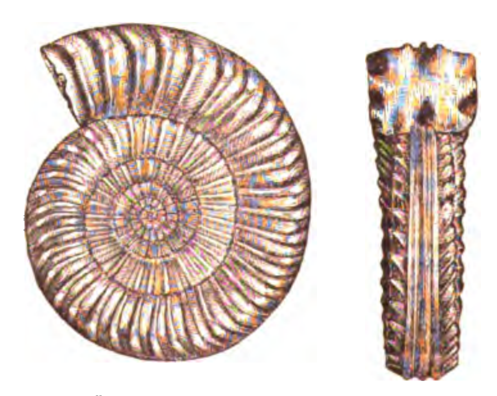


Fig. 108 .Ammonites bisulcutus, *Brug*.

Le terrain jurassique forme aussi, **autour du bassin de Paris**, une espèce de demi-ceinture, plus ou moins développée, qui sépare le terrain crétacé des dépôts plus anciens, et dont il se détache vers le sud une nouvelle ceinture qui entoure en grande partie le plateau central de la France, et une longue bande qui forme la chaîne du Jura et du Rauhe-Alp. La demi-ceinture qui nous occupe, de même que la terrain crétacé du bassin de Paris, est séparée par la Manche de la bande jurassique d'Angleterre, que l'on peut considérer comme la bordure opposée d'un grand bassin jurassique qui s'étend probablement sur la plus grande partie de l'espace intermédiaire où il est caché par des dépôts postérieurs, sauf qu'il se relève et se montre au jour dans deux contrées voisines des côtes de la Manche, le Boulonais et le pays de Bray, qui marquent, en quelque manièrc, la séparation entre la partie française et la partie anglaise du grand bassin. Du reste, si le terrain jurassique existe dans la partie centrale du bassin de Paris, il y est très enfoncé, puisque le puits de Grenelle, dont nous avons déjà parlé, est parvenu à 540 mètres sans sortir du terrain crétacé. D'un autre côté, le terrain jurassique manque sur une partie de la bordure septentrionale du bassin de Paris, où l'on voit, ainsi que nous l'avons déjà dit, le terrain crétacé reposer immédiatement sur les terrains primaires du Hainaut. Cette circonstance tient à une disposition de tous les étages secondaires qui s'appuient sur le bord méridional de l'Ardenne, et que l'on voit successivement disparaître en allant de l'est à l'ouest, de manière que, tandis qu'au nord de Luxembourg c'est le grès bigarré qui repose sur les terrains primaires, c'est le terrain crétacé qui est dans le même cas à l'est d'Hirson.

La demi-ceinture jurassique du bassin de Paris a beaucoup de rapport avec la bande d'Angleterre, et se compose de même d'assises où dominent alternativement le calcaire et la marne, mais où les matières quartzeuses sont quelquefois très abondantes, surtout dans le sud-ouest, où le terrain jurassique, qui, d'ailleurs, est peu développé, contient plus de silice que de carbonate calcique. Le relèvement régulier des divers systèmes vers les Vosges, l'aptitude des marnes à se délayer, et la nature plus résistante du calcaire, sont cause que les assises de ce dernier présentent dans la partie orientale des lignes d'élévation à peu près parallèles, dont les escarpements sont tournés du côté des Vosges; mais il y a moins de régularité dans les parties méridionale et occidentale de la demi-ceinture, où le sol demeure plus bas et plus uni.

L'étage portlandien est très bien prononcé dans la partie orientale de la demi-ceinture, notamment dans le *Barrois*, où l'on voit s'élever immé-

diatement de dessous le terrain crétacé une belle *oolite*, d'un blanc jaunâtre, qui donne de bonnes pierres de taille, et qui est suivie par un massif de *calcaire compacte blanc* à cassure conchoïde, passant quelquefois à la lumachelle à cause de l'abondance d'*Ostrea virgula* qu'il renferme, et reposant sur une puissante assise de *marne argileuse* analogue à celle de Kimmeridge. Ces systèmes, surtout les deux premiers, diminuent de puissance en s'avançant vers le midi, et manquent tout à fait dans la partie sud-ouest; mais la marne, et quelquefois les lumachelles avec leurs virgules, reparaissent dans la partie nord-ouest de la demi-ceinture, ainsi que dans le pays de Bray et dans le Boulonais.

L'**étage oxfordien** se montre à peu près dans tout le parcours de la demi-ceinture; il ressemble beaucoup, dans les deux portions septentrionales, à celui d'Angleterre, présentant de même des alternatives de systèmes calcareux et argileux. On trouve ordinairement dans le haut de l'étage un *calcaire* blanc jaunâtre remarquable par la présence d'un grand nombre de fossiles, notamment des *polypiers*, des nérinées, des dicérates qui déterminent souvent l'existence de cavités en forme de tubulures. Ce *calcaire* est quelquefois d'un beau blanc et propre à la sculpture, tel est celui *de Tonnerre* dans le Sénonais. Nous citerons aussi comme point de repère l'*oolite de Lisieux* en Normandie et le *calcaire du Chêne* dans le Rethelois. La partie inférieure de cet étage présente des calcaires argileux, de l'oolite ferrugineuse et surtout des marnes argileuses caractérisées par la présence de l'*Ostrea dilatata*. Ces *marnes* sont, entre autres, très développées à *Dives* en Normandie et dans la *Woëvre* en Lorraine, plus au Midi elles deviennent sableuses et sont souvent représentées par les calcaires argileux dans le Berry.

L'**étage bathonien**, qui est encore plus développé, est caractérisé par l'abondance des *oolites* qui fournissent souvent de belles pierres de taille : telles sont celles *de Caen*, *de Dijon*, *de Montmédy*, etc. Ces oolites, qui sont ordinairement jaunâtres, passent quelquefois à un *marbre jaune et rouge*, exploité en *Bourgogne*, et leur partie superficielle se divise souvent en plaques que l'on emploie dans la même contrée, sous le nom de *laves*, pour couvrir les toits. Elles sont quelquefois très siliceuses dans le Berry et passent même à la *meulière* qui est, entre autres, exploitée à *Meillant*. D'autres fois l'*oolite* devient *ferrugineuse* étant fortement imprégnée de limonite, telle est celle *de Bayeux*. Il y a même de ces oolites ou calcaire ferrugineux qui sont exploitées comme minerai de fer, mais les principales exploitations de limonites qui se trouvent dans les contrées bathoniennes sont des amas ou des filons qui remplissent des cavités dans le calcaire; telles sont les belles

minières d'Aumetz dans le département de la Moselle qui donnent du fer d'excellente qualité.

L'**étage liasique** a une composition très compliquée; sa partie supérieure est principalement caractérisée par des *marnes brunes* ou noirâtres, contenant beaucoup de bélemnites et qui sont quelquefois très puissantes, notamment *dans l'Auxois;* ces marnes contiennent parfois des pyrites et du lignite; alors on les calcine pour les employer, sous le nom de *cendres*, à l'amendement des prairies; telles sont celles *de Flize* dans le Rethelois. Elles renferment aussi des rognons et des bancs de calcaire argileux qui sont quelquefois exploités, notamment à Vassy dans l'Auxois, pour faire la préparation dite *Ciment romain*. Ce calcaire devient quelquefois tellement ferrugineux qu'il passe à de la *limonite oolitique* telle est le minerai exploité à *Hayange*, département de la Moselle (1). Ces dépôts paraissent n'être représentés dans l'Anjou que par un *calcaire* argileux renfermant beaucoup de *bélemnites* qui est, entre autres, exploité *à Baugé*.

La partie moyenne de l'étage liasique contient, dans le nord-est de la demi-ceinture beaucoup de silice, soit à l'état de *calcaire sableux* comme à *Sapogne* et à *Saint-Laurent* près de Mézières, soit à l'état de *marnes sableuses* comme sur les bords *de la Seille*.

La partie inférieure est ordinairement composée, dans ces mêmes contrées de marnes, de calcaire et de grès qui sont quelquefois disposés dans cet ordre, mais qui d'autres fois alternent entre eux ou forment d'immenses amas lenticulaires, de sorte qu'il s'est élevé beaucoup de discussions sur leurs positions relatives. Le *calcaire*, qui alterne presque toujours avec des marnes, est ordinairement compacte, mélangé d'argile, et donne de la bonne chaux hydraulique; tel est celui *de Warcq* près de Mézières. Ce calcaire forme, ainsi que nous l'avons déjà dit un des points de repère les plus connus des géologues qui le désignent généralement par le nom de *calcaire à gryphées* à cause de la quantité d'*Ostrea arcuata* (fig. 107) qu'il renferme. Les grès et les sables, qui sont souvent calcarifères ou argilifères, sont surtout abondants dans la portion jurassique qui s'étend au sud-est de l'Ardenne où ils ont beaucoup occupé les géologues sous les noms de *grès de Luxembourg*, *grès d'Hettange*, *grès d'Aiglemont*. On peut aussi y rapporter le *calcaire sableux d'Osmanville* en Normandie.

(1) Le minerai d'Hayange a figuré dans mes éditions antérieures, comme appartenant à l'étage bathonien; j'ai cru depuis devoir adopter l'opinion des géologues qui, dans ces derniers temps, ont le mieux étudié le sol de la Lorraine, tels que MM Levallois, Jacquot, Piette, Buvignier, etc.

Lorsque l'étage liasique repose sur le terrain granitique, il commence par des *Arkoses*, ce qui se remarque notamment dans l'*Auxois*. Cette roche y passe, dans la partie supérieure, au macigno, au psammite, au grès et au calcaire sableux, et, dans sa partie inférieure, à une matière sans cohérence, nommée *arène* dans le pays, et qui peut être considérée comme un granite désagrégé, lequel forme quelquefois des filons dans le granite cohérent, et d'autres fois des lits entre les couches d'arkose. Ce système renferme de la barytine, de la fluorine, de la galène et de l'oligiste qui se trouvent parfois en veines et en noyaux, mais qui le plus souvent sont disséminées en lames cristallines ou en grains dans l'arkose et y sont si abondantes qu'elles y forment quelquefois, surtout la barytine, un des éléments constitutifs de la roche. Mais ce qui est le plus remarquable pour un terrain aussi cristallin, c'est la présence de beaucoup de coquilles, tant dans l'arkose que dans le psammite et le macigno. De Bonnard y a reconnu les *Lima pectinoïdes* et *punctata*, l'*Ostrea arcuata*, l'*Unio hybrida*, des ammonites, des trigonies, des échinodermes, des polypiers et d'autres fossiles indéterminables.

La demi-ceinture jurassique dont nous venons de parler constitue des contrées assez généralement favorables à la production des céréales; mais la terre végétale, y étant ordinairement formée aux dépens des dépôts argileux, y est fort collante et exige l'emploi d'un grand nombre de bêtes de trait pour les travaux agricoles. Les vallées argileuses sont souvent couvertes de prairies et donnent, entre autres, naissance aux bons pâturages de la basse Normandie; mais dans les lieux où les roches argileuses ne sont pas susceptibles d'arrosement, ou lorsqu'elles sont moins propres à la production de l'herbe, elles déterminent, ainsi que les dépôts sableux, l'existence de forêts plus ou moins étendues. Les côtes calcaires y sont très favorables à la production des vignes, qui s'y trouvent abondamment, sauf aux deux extrémités septentrionales : c'est le sol qui produit les vins de Bourgogne les plus estimés.

Comme le **terrain jurassique** doit sa dénomination à son abondance **dans le Jura**, il convient que nous disions quelques mots de celui de cette chaîne.

Le massif jurassique du Jura se rattache au sud-est à celui des Alpes Pennines, au nord-ouest à celui de la Bourgogne, s'appuye sur le massif plus ancien des Vosges, et se prolonge en Allemagne sous le nom de Rauhe-Alb; il est borné dans le reste de son étendue par les massifs tertiaires et quaternaires des plaines de la Bresse, de la Suisse et de l'Alsace.

Le Jura est une des chaînes où l'on voit les exemples les plus fré-

quents et les mieux prononcés du plissement en voûtes et en bassins. Il y a cependant un grand nombre de chaînons où la voûte n'est formée que par les couches inférieures, les couches supérieures étant séparées ; et, comme ces couches se composent en général de calcaires cohérents et de marnes susceptibles de se délayer, il arrive souvent que les premiers forment aux deux côtés de la voûte des escarpements que l'on appelle *crets*, et qui sont séparés de la voûte par des espèces de vallons élevés, que l'on appelle *combes*. Quelquefois les couches sont renversées, c'est à dire, que leur superposition se présente d'un côté de la montagne dans un sens contraire à celui de l'autre côté; mais ce phénomène ne se remarque que dans les lieux où l'inclinaison est extrêmement forte. Les chaînons longitudinaux qui résultent de cette disposition sont quelquefois coupés par des défilés ou vallées transversales que l'on nomme *cluses*.

Le Jura se compose principalement de terrain jurassique; cependant le terrain triasique forme quelquefois les assises inférieures, le terrain crétacé s'élève sur quelques-unes de ses croupes, les terrains tertiaires s'étendent dans quelques vallées et l'on y rencontre parfois des blocs erratiques à une hauteur considérable. La composition du Jura est cependant assez simple, et le calcaire, surtout le calcaire compacte blanc, y domine; les roches argileuses et quartzeuses y sont moins développées qu'en Angleterre, les fossiles y sont moins abondants, et ceux qui s'y trouvent sont moins bien conservés. Ces diverses circonstances, jointes aux irrégularités de la stratification, sont cause que la distinction des systèmes et leur rapprochement avec ceux des autres contrées plus classiques sont très difficiles à faire d'une manière positive, aussi leur classification a-t-elle présenté beaucoup de variations.

M. Marcou, dans son dernier travail (1), y distingue 27 systèmes distribués en dix groupes que nous répartissons dans nos quatre étages de la manière suivante :

L'**étage portlandien** comprend les *groupes de Salins*, *de Porrentruy* et *de Besançon*, composés chacun de calcaire dans leur partie supérieure et de marne dans leur partie inférieure.

Le *calcaire de Salins* est gris-blanchâtre, quelquefois un peu magnésien, et renferme entre autres fossiles, les *Nerinea Salinensis*, *Erato et subpyramidalis*.

(1) *Lettres sur les roches de Jura*, Zurich, 1857-1860.



Fig. 109. Nerinea saliuensis, *d'Orb.*

Les *marnes de Salins* sont grises, un peu jaunâtres, avec des taches blanchâtres. On y trouve l'*Ostrea virgula* (fig. 93) et la *Trigonia concentrica.*

Le *calcaire de Porrentruy* ou du *Banné* est compacte à cassure conchoïde, quelquefois bréchiforme, de couleur blanchâtre; il renferme la *Nerinea Elea* et le *Clypeus acutus.*

Les *marnes de Porrentruy* ou du *Banné* sont sableuses, de couleur grise ou jaunâtre. On y trouve l'*Ammonites gigas*, le *Diadema bruntrutana*, etc.

Le *calcaire de Besançon* ressemble minéralogiquement à celui de Porrentruy; il est employé dans les constructions sous le nom de *pierre blanche*. Ses fossiles principaux sont : *Trigonia geographica*, *Acrocidaris formosa*, etc.

Les *marnes de Besançon* ressemblent aussi à celles de Porrentruy, et sont caractérisées par l'*Astarte minima.*

Notre **étage oxfordien** comprend les trois groupes que M. Marcou nomme *corallien*, *argovien* et *oxfordien inférieur*, composés des six systèmes suivants, savoir :

L'*Oolite de Pagnoz*, dont la couleur est le gris jaunâtre, et qui est caractérisée par une immense quantité de *Nerinea bruntrutana*, d'où on l'a appelée *calcaire à nérinées.*

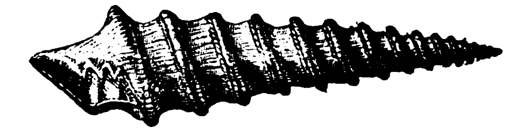


Fig. 110. Nerinea bruntrutana, *Thurmann.*

Le *calcaire à coraux de la chapelle* près de Salins est un calcaire argileux, renfermant une grande quantité de polypiers.

Les *argiles à chailles* sont une marne sableuse, renfermant des rognons siliceux que l'on appelle *chailles* en Franche-Comté.

Les *marnes d'Argovie* sont d'un bleu grisâtre, alternent avec des couches de calcaire argileux compacte, renferment entre autres fossiles l'*Ammonites biplex* et l'*Ostrea dilatata* (fig. 97).

Les *marnes d'Alaise* sont d'un bleu passant quelquefois au noirâtre par la présence de matières charbonneuses. On distingue parmi leurs nombreux fossiles : *Belemnites hastatus*, *Ammonites perarmatus*, etc. (1).

Le *fer de Clucy* près de Salins est un calcaire de couleur jaunâtre, renfermant des grains et des noyaux de limonite.

L'**étage bathonien** comprend les systèmes suivants qui forment les étages *mandûbien* et *lædonien* de M. Marcou, savoir :

Le *calcaire de Palente*, dont la couleur est le gris clair; c'est une oolite à grain très fin, passant à la lumachelle d'où on l'a aussi nommé *dalle nacrée*.

Le *calcaire de la citadelle de Besançon* est compacte, à cassure conchoïde, d'un blanc grisâtre avec de petites taches rougeâtres.

Le *calcaire de la porte de Tarragnoz* à Besançon est compacte, passant à l'oolite à grains fins, de couleur grise avec des taches bleuâtres quelquefois rosâtres. Il donne de belles pierres de taille et la ville de Besançon en est presque entièrement bâtie.

Les *marnes de Plasne* près de Poligny sont d'un gris jaunâtre et renferment des noyaux de calcaire concrétionné. On y trouve l'*Ostrea acuminata*, la *Rhynchonella concinna*, la *Pholadomya bucardium*, etc.

Les *calcaires à coraux du fort Saint-André* sont compactes de couleur blanchâtre et renferment, entre autres, des Astrées, des Thécosmilies, des Montlivalties.

Les *calcaires de la roche pourrie* sont d'un jaune grisâtre à texture compacte passant à l'oolitique.

Le *fer de la roche pourrie* est un calcaire impur renfermant de la limonite, tantôt en grains, tantôt combinée avec le calcaire. On distingue parmi ses fossiles : *Ammonites Murchisonæ*, *Lima proboscidea*, *Pholadomya Zieteni*, etc.

L'**étage liasique**, que M. Marcou divise en supérieur, moyen et inférieur, comprend les huit systèmes suivants :

Les *marnes d'Aresche* près de Salins sont sableuses, micacées, de couleur grise et alternent avec un calcaire argileux passant au macigno. On y trouve entre autres les *Ammonites bifrons*, *opalinus*, *aalensis*, etc.

Les *marnes de Pimperdu* près de Salins sont de couleur bleue, micacées et renferment beaucoup de bélemnites et d'ammonites.

(1) Voy. ci-dessus p. 277, fig. 98 et 99.

Les *calschistes des Vallières* près de Salins, se divisent en grands feuillets d'un gris foncé passant au noir et renferment des rognons de calcaire argileux et la *Posidonomya Bronni.*

Les *marnes de Cernans* sont grises, sableuses et alternent avec du calcaire argileux. On y trouve : *Ammonites Bruguieranus, Pecten æquivalvis*, etc.

Les *marnes de Poupet* ont la texture schistoïde et passent au calcaire argileux. Leurs fossiles principaux sont : *Ammonites margaritatus, Belemnites acutus, B. fournelianus*, etc.

Les *marnes de Mont-Servant* près de Salins sont d'un gris-bleuâtre, à texture légèrement schistoïde et passent à un calcaire argileux. On cite parmi leurs fossiles : *Ammonites raricostatus, A. Turneri, Terebratula numismalis*, etc.

Le *calcaire de Blegny*, faubourg de Salins, est compacte, un peu argileux et alterne avec des lits très minces d'argile. Ce calcaire est caractérisé par l'*Ostrea arcuata*, le *Pentacrinus tuberculatus*, etc.

Le *calcaire de Schambelen* près de Baden, en Argovie, est un peu sableux de couleur gris-jaunâtre avec des taches d'hydrate de fer. Il est remarquable par l'immense quantité de débris d'animaux et de végétaux que M. Heer y a découvert. On y cite comme fossiles caractéristiques : *Ammonites planorbis, A. angulatus, Cardinia concinna, C. securiformis, Lima gigantea.*



Fig. 113. Lima (Plagiostoma) gigantea, *Sow.*

Le **terrain jurassique de la Toscane** est très différent de ceux dont nous venons de parler, et présente des caractères qui ont empêché pendant longtemps de reconnaître ses véritables rapports.

Les trois *étages supérieurs* y sont peu développés et n'ont pu encore y être bien déterminés. Ils y sont principalement représentés par des

schistes souvent bigarrés (*varicolori*) passant au calschiste, au macigno, au psammite, au calcaire, à la dolomie, au stéaschiste, au quartzite et à des roches bréchiformes de composition fort variées. On y exploite, à Cardoso dans le Lucquois, du calschiste qui ressemble à l'ardoise et qui sert à couvrir les toits. On exploite aussi à Ripa, comme minerai de mercure, un stéachiste passant au quartzite et imprégné de cinabre.

L'*étage liasique* est au contraire très développé et se compose principalement de diverses modifications de calcaire. Parmi celles de ces modifications qui se font remarquer dans la partie supérieure, on peut citer un *calcaire rouge*, contenant beaucoup d'ammonites (*calcare rosso ammonitifero*), et le *marbre jaune de Sienne* qui est très recherché dans les arts de décoration.

La partie inférieure est principalement caractérisée par les beaux *marbres* blancs ou calcaire saccharoïde, si recherchés des statuaires et des architectes, que l'on exploite à *Carrare*, à Seravezza et autres lieux des montagnes Apuennes. Ces marbres ont été pendant longtemps cités comme des types de ce que l'on appelait *calcaire primitif*, mais les recherches de M. Savi et d'autres géologues, ont fait connaître qu'ils recèlent des fossiles liasiques et qu'ils reposent sur le terrain triasique. Ils forment des masses considérables où souvent l'on ne reconnaît pas de joints de stratification, et qui sont accompagnées de petites bandes minces et irrégulières d'une matière noirâtre, que les ouvriers appellent *macchia madre*, et qui est principalement composée de silicates. On a remarqué que cette matière est surtout abondante autour des masses de marbre les plus pures et les plus volumineuses. D'autres fois le marbre est légèrement coloré par des zones ou des veines grisâtres ou bleuâtres. Ces marbres passent à d'autres calcaires et à des dolomies dont la texture est lamellaire, grenue, celluleuse, compacte et bréchiforme. Parmi ces derniers, nous devons citer la belle brèche, dite *mischio di Seravezza*; qui est formée de fragments plus ou moins volumineux de marbre blanc saccharoïde, unis par une pâte violette, dont la nature paraît avoir quelques rapports avec les roches pyroxèniques ou peut-être avec l'épidote.

Quoique nous n'aimions pas à citer des exemples tirés des contrées qui laissent encore des doutes, nous croyons devoir parler du **terrain jurassique des Alpes** occidentales, notamment de celui **de la Tarentaise**, qui est un de ceux sur lesquels les opinions ont le plus varié, et où se trouve des systèmes sur lesquels on est loin d'être d'accord.

La Tarentaise est une des contrées les plus élevées et les plus inégales des Alpes. Son sol est formé de roches de diverses natures, dont la stra-

tification annonce des soulèvements et des renversements et qui semblent alterner indéfiniment entre elles. Les principales de ces roches sont le calcaire, le schiste, le phyllade, le psammite, le quartzite, le stéachiste et l'anthracite; mais le mélange de leurs éléments et les variations de leur texture donnent naissance à un grand nombre de modifications.

Le calcaire de la Tarentaise est ordinairement de couleur bleuâtre, avec beaucoup de raies et de taches blanches. Sa texture est souvent grenue, passant au saccharoïde, au compacte, au schistoïde, au bréchiforme et au poudingiforme. Il est quelquefois susceptible d'être poli comme marbre, et on emploie surtout à cet usage une brèche connue sous le nom de *marbre de Villette*. Ce calcaire contient souvent des hydrosilicates de magnésie et des grains de quartz et quelquefois des cristaux de feldspath. Il est souvent aussi mélangé de carbonate de magnésie ou d'argile et passe ainsi à la dolomie et au calschiste.

Le schiste, qui est ordinairement gris, est souvent mélangé d'autres substances, telles que du calcaire, du quartz, des micas, du talc, de la stéatite, des feldspaths, de l'anthracite et passe ainsi à d'autres roches, notamment au calschiste, au phyllade, à l'ampélite, au psammite, au quartzite, au stéaschiste, au micaschiste, au gneiss. Il y a, entre autres, des phyllades et des calschistes qui se clivent en grands feuillets et que l'on emploie comme ardoises pour couvrir les toits. Une autre variété de calschiste, appelée rubannée, est recherchée pour les cabinets de minéralogie à cause du bel effet que produisent des veines parallèles de calcaire blanc fibreux qui tranchent sur le fond gris bleuâtre du calschiste.

Le quartzite a ordinairement une texture grenue passant au compacte, très souvent au schistoïde, quelquefois au grésiforme et au poudingiforme; et comme il est presque toujours mélangé de silicates d'alumine et d'hydrosilicates de magnésie, il passe au micaschiste, au stéaschiste, au schiste, au psammite et au poudingue. Mais il est à remarquer que la plupart des roches poudingiformes de la Tarentaise sont ordinairement très mélangées, et qu'il y en a qui doivent se ranger avec les roches talqueuses et les roches schisteuses, aussi bien que dans l'espèce poudingue.

Les stéaschistes de la Tarentaise ne sont, en quelque manière, que des schistes et des quartzites fortement imprégnés d'hydrosilicate de magnésie; aussi passent-ils continuellement aux roches schisteuses et quartzeuses, d'autres fois aux roches calcareuses; ils admettent aussi des feldspaths et des micas dans leur composition, et passent au gneiss. Quelquefois ces roches sont plutôt veinées que schistoïdes; d'autres fois

elles deviennent porphyroïdes, parce que l'orthose y forme de grands cristaux.

L'anthracite, qui est exploitée dans plusieurs localités de la Tarentaise, est souvent mélangée de pyrites et de noyaux de quartz. Elle forme des couches très irrégulières placées entre des schistes pailletés terreux et des schistes noirs passant au psammite schistoïde.

On trouve encore dans la Tarentaise du gypse et de la karsténite qui paraissent former des amas plutôt que de véritables couches. On y rencontre aussi quelquefois des roches feldspathiques, amphiboliques ou pyroxéniques, mais qui paraissent appartenir à des dykes plutoniens. Enfin il y existe des filons proprement dits, mais le gîte métallifère le plus célèbre de la contrée, la mine de galène argentifère de Pesey, paraît devoir être considéré comme un amas couché en forme de boudin plutôt qu'un véritable filon.

Les fossiles sont rares dans la Tarentaise, on a cru même pendant longtemps qu'il n'y en existait pas ; mais on trouve maintenant dans les roches qui avoisinent l'anthracite des débris de végétaux dans lesquels on a reconnu les espèces du terrain houiller, et depuis lors on a découvert des bélemnites et des ammonites dans des calcaires et des calschistes qui semblent alterner avec les anthracites. Ces faits, si contraires aux résultats des observations générales, ont beaucoup occupé les géologues, qui sont encore loin d'être d'accord sur la manière de les expliquer, les uns croyant que les bélemnites et les ammonites secondaires ont pu vivre en même temps que les fougères primaires, les autres que celles-ci proviennent de dépôts plus anciens dont les débris ont été mêlés avec ceux qui se formaient postérieurement ; une troisième opinion, qui pourrait bien être la plus probable, c'est que les choses se sont passées en Tarentaise comme dans les autres contrées connues, c'est à dire que les végétaux houillers y sont plus anciens que les animaux jurassiques, mais que les apparences de mélanges que l'on y a observées sont dues aux phénomènes qui ont relevé, plissé et modifié les roches de cette contrée, ainsi que nous le verrons dans la géogénie. Du reste, il est à remarquer que, dans cette hypothèse même, les terrains primaires de la Tarentaise se réduiraient à fort peu de chose de sorte qu'il n'en resterait pas moins admis que presque toutes les immenses masses qui composent cette partie des Alpes appartiennent au terrain jurassique (1).

(1) J'ajouterai ici deux considérations pour justifier comment je me permets encore de pencher pour la dernière de ces hypothèses lorsque des géologues des plus éminents ont adopté la première.

L'une de ces considérations c'est que le métamorphisme a souvent pour résultat de faire dispa-

3e *Sous-ordre.* — **Terrain permien** (1).

Caractères généraux et division en étages. — Le terrain permien, tel que nous l'entendons, est placé au dessous du terrain jurassique, et diffère de celui-ci par ses fossiles, dont nous avons déjà fait connaître les caractères principaux (p. 206). Il est remarquable par la fréquence de la couleur rouge et l'abondance des grès, d'où on l'a souvent appelé *terrain du grès rouge*.

On peut y distinguer deux étages assez tranchés pour que la plupart des auteurs en fassent des groupes de la même valeur que nos sous-ordres, nous les désignons par les épithètes de *triasique* et de *penéen*.

raître les joints de stratification et de donner naissance à des joints de clivage dans des sens différents. On conçoit donc que des couches houillères et jurassiques d'une nature analogue, qui étaient immédiatement superposées et qui ont été redressées et plissées, ont pu former par l'effet du métamorphisme des masses dans lesquelles on ne peut plus reconnaître leur double origine. Il est à remarquer en faveur de cette manière de voir que les personnes qui ont observé l'intercalation des deux classes de fossiles indiquent presque toujours une disposition par zones plutôt qu'un véritable mélange.

La seconde considération c'est que partout où l'on a observé des dépôts houillers et jurassiques moins métamorphosés que ceux des Alpes, on n'a jamais vu des faits qui porteraient à croire que les végétaux houillers ont vécu en même temps que les animaux jurassiques.

J'ajouterai aussi que, d'après un travail de M. Favre, que je ne connais pas encore, mais dont j'apprends l'existence en corrigeant cette épreuve, quelques roches de la Tarentaise, notamment le Gypse et la Karsténite appartiennent au terrain triasique.

(1) Ce groupe a figuré dans mes publications de 1808 sous le nom de *formation du grès rouge*, plus tard je me suis conformé à l'usage qui s'était introduit de le diviser en deux, sous les noms de *terrains keuprique* ou *triasique* et de *terrain pénéen* ou *permien*; mais je ne me prêtais qu'à regret à cette séparation parce qu'il me paraissait que ces groupes, pris isolément, ne méritaient pas d'être placés sur le même rang que les terrains jurassique et crétacé. Aussi, lorsque M. Marcou a publié, dans la *Biblioth. univ. de Genève de* 1859, des considérations qui font ressortir les rapports du terrain pénéen avec le terrain triasique et qui tendent à le retirer des terrains primaires, j'ai cru pouvoir revenir à ma première classification.

Tout en renvoyant, à ce sujet, au mémoire de M. Marcou, je ferai remarquer que la réunion du terrain pénéen à la grande division secondaire ne me paraît pas aussi contraire à la paléontologie qu'on l'a dit dans ces derniers temps. Les motifs principaux sur lesquels on s'est appuyé pour le ranger dans les terrains primaires sont d'abord la présence de quelques espèces houillères qui pénètrent dans le terrain pénéen, tandis qu'il n'y aurait pas d'espèces pénéennes qui passeraient dans le trias; et ensuite parce qu'il y a plus de genres antérieurs qui entrent dans le terrain pénéen que dans le trias et moins dans le trias que dans le lias. Mais est-il bien certain que c'est ainsi que l'on doit appliquer la paléontologie aux classifications géologiques? En effet, sans aborder ici la question, si controversée, des causes qui ont occasionné des changements dans la nature organique, je dirai qu'il est bien probable que ces causes ont des rapports avec ce qui s'est passé dans la nature inorganique, car les divisions que les paléontologistes ont été amené à faire dans les populations successives se sont trouvées, sauf des modifications de détail, en rapport avec celles que les géologues avaient établies à des époques où ils n'avaient pas encore connu les secours qu'ils pouvaient tirer de l'étude des fossiles. Il convient en conséquence, dans les cas douteux, d'interpréter les faits paléontologiques de la manière qui laisse moins possible de désaccord entre les divisions tirées des fossiles et celles qui résultent des considérations stratigraphiques et minéralogiques. Or, tout en admettant le premier fait qui vient d'être indiqué, lequel est cependant contesté par les partisans de l'indépendance complète des faunes, on sentira, d'après le principe que je viens d'établir, que la présence dans

On peut distinguer dans l'**étage triasique** trois sous-étages ou systèmes principaux qui sont ordinairement caractérisés par la prédominence respective de la marne, du calcaire et du grès, d'où l'on y a établi trois subdivisions que l'on a nommées *keuper*, *marnes irisées*, *red-marl*, pour la subdivision supérieure, *muschelkalk* ou *terrain conchylien* pour la subdivision moyenne; *bunter sandstein*, *grès bigarré*, *terrain pécilien*, *new red sandstone* pour la subdivision inférieure. Du reste les trois roches principales que nous venons d'indiquer sont accompagnées d'autres substances telles que du gypse, de la karsténite, de l'argilite (*Thonstein*), du selmarin; ce dernier, qui est d'une grande importance économique, est cause que l'on désigne aussi cet étage par le nom de *terrain salifère*. Les

les premières couches d'un dépôt de quelques espèces appartenant aux dépôts antérieurs est moins importante que celle des espèces nouvelles, attendu que celles-ci prouvent que le nouvel ordre de choses était déjà établi lorsque ces couches se sont formées tandis que les espèces anciennes peuvent être envisagées comme des restes accidentels de l'ancien état de choses.

Quant à la seconde considération, il me semble que les différences de quelques centièmes en plus ou en moins dans les chiffres, si variables, qui expriment les rapports génériques qui distinguent les groupes voisins sont bien peu importantes quand elles se trouvent en opposition avec les rapports stratigraphiques.

Si maintenant nous appliquons ces données à la question qui nous occupe, nous verrons, en premier lieu, que les paléontologistes sont d'accord avec les stratigraphes pour admettre que les dépôts inférieurs au terrain pénéen et ceux supérieurs au trias appartiennent à deux grandes divisions; de sorte que la divergence d'opinion se réduit à savoir s'il faut placer la ligne de séparation au dessus ou au dessous du terrain pénéen. Or, quand je vois que dans beaucoup de contrées le terrain pénéen n'a pas ressenti les effets de la cause qui a relevé et disloqué les couches houillères; que le commencement du terrain pénéen coïncide avec la formation de roches poudingiformes et bréchiformes la plus importante et la plus générale qui ait eu lieu, et qu'enfin il y a, entre les dépôts pénéens et triasiques, des ressemblances telles qu'il n'existe probablement pas de groupes de cette valeur dont la distinction laisse autant d'incertitudes, je trouve que les considérations invoquées par les paléontologistes ne doivent pas empêcher de redescendre au dessous du terrain penéen la ligne de séparation entre les terrains primaires et secondaires.

Revenu, en conséquence, à l'opinion de former un même groupe des terrains triasique et pénéen, il s'agissait de savoir quel nom je donnerais à cette association; celui de *grès rouge* n'étant plus admissible dans l'état actuel de la science, ni conforme aux règles de nomenclature que je suis maintenant; et il m'a paru que je pourrais prendre celui de *permien* que M. Murchison avait substitué à celui de pénéen que j'avais proposé antérieurement. Je crois que cette extension donnée à l'application du nom de permien peut d'autant mieux se justifier que M. Marcou a fait voir, dans le mémoire cité ci-dessus, que le massif de la Permie, qui a servi de type à M. Murchison, doit contenir des dépôts triasiques aussi bien que des dépôts pénéens, et que cette supposition a été confirmée par les observations directes de M. Ludwig (*Institut géologique de Vienne*, 1860), qui a reconnu l'existence du trias à l'ouest de l'Oural; de sorte que, en étendant le nom de permien aux deux groupes, je ne fais, en quelque manière, que lui conserver la valeur *pratique* que lui attribuait son illustre créateur.

Du reste, si j'introduis ici cette discussion, c'est qu'il fallait bien que je prisse un parti dans la divergence d'opinion qui existe à ce sujet, car, ainsi que je l'ai déjà dit, je mets peu d'importance à ces questions, attendu que, quand deux divisions se suivent dans la série, il y a presque toujours, selon moi, des dépôts intermédiaires que l'on peut ranger aussi bien avec l'une qu'avec l'autre de ces divisions. Je terminerai en faisant remarquer que la réunion, telle que je l'établis ici, des terrains pénéen et triasique dans un même sous-ordre, ne peut donner lieu à aucune confusion, parce que, conservant ces deux divisions comme étages, les géologues qui n'admettent pas la réunion sauront toujours où ils doivent faire passer leur ligne de séparation.

fossiles, dont nous avons déjà signalé les caractères principaux (p. 206) y sont très nombreux et, quoiqu'ils appartiennent à des espèces particulières, leur ensemble présente des rapports avec ceux des autres groupes secondaires.

L'étage pénéen se compose aussi, dans les lieux où il a été le mieux étudié, de trois sous-étages ou systèmes principaux caractérisés : l'un par la présence du calcaire, l'autre par la présence d'un calschiste contenant du cuivre et le dernier par des grès passant au poudingue ; roches que les mineurs saxons ont respectivement désignées par les noms de *zechstein*, *kupferschiefer* et *rothliegende*.

Cet étage est souvent classé avec les terrains primaires parce que beaucoup de ses fossiles appartiennent à des genres qui se trouvent également dans ces terrains, que plusieurs de ces genres ne sont plus représentés dans les dépôts supérieurs, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, et qu'enfin quelques espèces auraient déjà paru dans les dépôts antérieurs ; mais nous pensons que ces circonstances ne sont pas assez tranchées pour l'emporter sur les considérations stratigraphiques et minéralogiques qui lient cet étage aux terrains secondaires et le séparent des terrains primaires.

L'étage triasique de la Souabe étant très développé et ayant fait le sujet d'une excellente description de M. d'Alberti (1), nous allons le citer comme exemple. Il occupe une grande partie de la contrée en s'appuyant du côté de l'ouest sur les massifs plus anciens du Schwarzwald et de l'Odenwald et en se perdant du côté de l'est sous le massif jurassique du Rauhe Alb. Quoiqu'il ne recouvre pas les cimes les plus hautes du Schwarzwald, il s'élève cependant, au Hornisgrind, à l'altitude de 1170 mètres. Il présente les trois divisions bien caractérisées.

Le sous-étage du Keuper y est d'une puissance d'environ 300 mètres et principalement composé de marnes dont la couleur varie du rouge au brun, au violet, au bleuâtre, au gris, au verdâtre, au jaunâtre, au blanchâtre. Ces marnes contiennent du carbonate magnésique qui est quelquefois plus abondant que le carbonate calcique ; elles ne renferment presque pas de fossiles, mais les autres roches qui les accompagnent en contiennent beaucoup. Les principales de ces roches sont du grès dans la partie supérieure ; du gypse et de la dolomie dans la partie moyenne ; du lignite argileux (*lettenkohle*), de l'argile carbonifère et du calschiste dans la partie inférieure.

Les *grès* se trouvent immédiatement en contact avec le terrain liasique,

(1) Stuttgart, 1834.

mais sans qu'il y ait, dit M. d'Alberti, de liaison entre ces deux dépôts. Ils sont ordinairement blanchâtres, prenant quelquefois une teinte verdâtre, jaunâtre ou grisâtre. Le plus remarquable est celui qui fournit la belle pierre de construction employée à *Stuttgart;* il a le grain fin, est un peu argileux, quelquefois micacé, et renferme souvent des nids d'argile, ainsi que des empreintes de plantes, notamment d'*Equisetum arenaceum, de Calamites arenaceus*, de fougères, etc., d'où M. Jæger l'a nommé *schilfsandstein*. Au dessus de ce grès il y en a dont le grain est plus gros et la cohérence plus variable, et qui renferment des restes de sauriens, de poissons et des coquilles. M. Plieninger y a même trouvé des dents d'un petit animal qu'il a nommé *Microlestes antiquus* et qu'il considère comme un mammifère. C'est le plus ancien reste d'animal à sang chaud décrit jusqu'à présent.

Le *gypse* se trouve au milieu des marnes en amas couchés, en noyaux, en veines qui ont toutes sortes de directions, et autour desquelles on voit les marnes présenter une stratification contournée ou ondulée. Sa couleur dominante est le blanc plus ou moins bigarré de rouge; il est ordinairement grenu, quelquefois fibreux ou laminaire, il passe, mais rarement à la karstémite et renferme parfois des cristaux de quartz, de galène, de selmarin, de glaubérite, etc.; il ne contient pas de fossiles, si ce n'est dans les parties inférieures, où l'on trouve des débris de reptiles, de poissons et des coquilles.

La *dolomie* forme sous le gypse une couche ordinairement assez puissante; elle est d'un jaune sale, passant au gris de fumée; elle est quelquefois bulleuse, et ses cavités présentent des cristaux de calcaire et de dolomie : elle renferme aussi des silex, des pyrites et des veines de gypse, ainsi que des fossiles.

La partie inférieure du sous-étage ne présente plus les couleurs variées des parties moyennes et supérieures; elle est, comme on l'a dit ci-dessus, principalement caractérisée par la présence de matières charbonneuses, notamment par une couche de *lignite* argileux, que l'on exploite pour faire de la couperose, entre autres, à *Gaildorf*. Ce lignite est pénétré de pyrites, et se divise en petits fragments lorsqu'il est exposé à l'air. Il est ordinairement recouvert de calschiste gris jaunâtre, passant à l'argile feuilletée, au grès, au macigno, et renfermant quelquefois du calcaire gris de fumée, de la dolomie et un peu de gypse. Enfin il est séparé du muschelkalk par de l'argile, souvent feuilletée, quelquefois massive, passant à l'ampélite alumineux, au calschiste bitumineux et au grès schistoïde. On y trouvre beaucoup de fossiles, tant animaux que végétaux.

M. d'Alberti distingue dans le **sous-étage du muschelkalk** trois

systèmes : l'un au dessus qu'il nomme *calcaire de Friedrichshall*, l'autre au milieu, qui est caractérisé par la présence du selmarin et de la karsténite, et le troisième, en bas, que M. d'Alberti appelle *wellenkalk*, à cause de sa stratification ondulée.

Le *calcaire de Friedrichshall* est principalement composé d'un calcaire gris bleuâtre, gris de fumée et gris noirâtre, à texture compacte, à cassure faiblement conchoïde, passant à la cassure droite, doué d'une grande résistance aux actions météoriques, ce qui est cause qu'on le recherche pour les constructions, surtout pour empierrer les routes. Dans quelques localités il prend la texture oolitique; il est presque toujours mélangé de carbonate magnésique, et souvent d'un peu d'argile, de sable et de matière charbonneuse; il passe, dans sa partie supérieure, à une dolomie nommée dans le pays *nagelfelsen* ou *malbstein*, d'un gris jaunâtre ou d'un jaune grisâtre, quelquefois rougeâtre, fort celluleuse, même scoriacée, dont les cavités varient depuis des pores invisibles jusqu'à de grandes cavernes. Le calcaire et la dolomie sont régulièrement stratifiés. Les couche de la partie supérieure sont assez épaisses, et traversées par de fréquentes fissures verticales. Celles de la partie inférieure sont généralement minces, et séparées par des lits encore plus minces d'argile, passant quelquefois au calchiste. On y trouve aussi des rognons, des noyaux, ou des cristaux de silex, de calcédoine, de quartz, de barytine, de célestine, de marcassite, de sperkise, de blende, de galène, etc.; mais la plus remarquable, sous le rapport économique, des substances étrangères renfermées dans ce système, c'est le minerai de fer, qui se présente quelquefois, comme près de Nagold, à l'état de limonite en grains formant de petits filons avec de l'argile ferrugineuse et des fragments de dolomie; d'autres fois le minerai forme des bancs ou des amas à texture massive. Ce système renferme un grand nombre de fossiles, savoir un saurien, des poissons, beaucoup de mollusques, des crinoïdes, etc. et l'on en voit sortir plusieurs sources minérales : telles sont celles d'Imnau, de Niedernau, de Cannstadt, de Berg, etc.

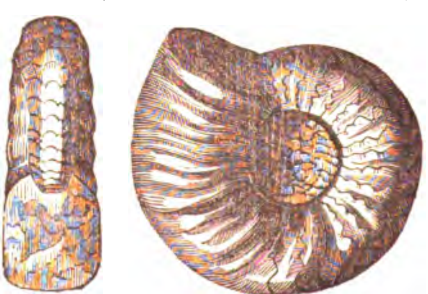


Fig. 111. Ceratites (Ammonites) nodosus, *Brugu.*



Fig. 115. Encrinus Liliiformis, *Miller*.
a. Coupe de la tige.

Le *système salifère* est principalement composé de karsténite, d'où M. d'Alberti le nomme *groupe de l'anhydrite;* il renferme en outre du gypse, de l'argile salifère, du selmarin, de la marne, de la dolomie, du calcaire, du silex, etc., il ne présente point de stratification régulière; mais les matières qui le composent, surtout la karsténite, le gypse, l'argile et le selmarin, forment des amas lenticulaires autour desquels se trouvent des espèces de couches interrompues et contournées en tout sens.

La karsténite est ordinairement d'un gris clair, passant au blanc, au bleu et au noir. Sa texture est souvent saccharoïde; elle est quelquefois tenace, mais devient friable et terreuse par son exposition à l'air; elle renferme fréquemment des veines de selmarin : elle est quelquefois imprégnée de bitume, et on y trouve, mais rarement, des cristaux de glaubérite, d'epsomite, de soufre et de marcassite; elle est quelquefois employée comme marbre.

Le gypse forme souvent la partie supérieure des amas de karsténite. Ses couleurs ordinaires sont le gris clair et le blanc; sa texture est saccharoïde; mais les variétés fibreuses et laminaires se trouvent fréquemment en veines dans l'argile et la karsténite.

L'argile salifère est ordinairement d'un gris foncé, tirant sur le bleuâtre, le verdâtre, présentant quelquefois des bandes rougeâtres; elle est presque toujours mélangée de selmarin et de gypse.

Le selmarin ne se manifeste souvent que par des sources salées qui paraissent prendre leur salure en traversant l'argile salifère; mais dans quelques endroits, notamment à Wilhelmsglück, au sud de Hall, on exploite un dépôt puissant de selmarin limpide, blanc ou gris, avec des bandes ou des taches rouges, tantôt laminaire, tantôt grenu, et renfermant souvent de l'argile et de la karsténite.

La dolomie et la marne sont ordinairement jaunâtres. Les parties qui sont dans le voisinage du gypse sont souvent celluleuses et renferment du silex, ainsi que des cristaux de quartz, de calcaire, d'epsomite et de galène.

Le calcaire est ordinairement gris de cendre, passant au gris bleuâtre et au noirâtre, quelquefois fétide. Il est plus rare que la dolomie, et passe à la marne et au calschiste.

Le silex se trouve en rognons communément brun noirâtre ou brun rougeâtre, quelquefois tacheté ou rayé de gris, de bleuâtre, de noir; il passe à la calcédoine et au quartz.

On ne trouve pas de fossiles dans ce système.

Le *wellenkalk* est ordinairement composé de calcaire et de marnes, qui alternent l'un avec l'autre en couches plus ou moins ondulées.

Le calcaire ressemble à celui de Friedrichshall. Les marnes sont de couleur grise, généralement très feuilletées, et se délayent par les actions météoriques. Dans le voisinage du Schwarzwald, le calcaire est remplacé par de la dolomie, et les marnes contiennent aussi du carbonate magnésique. Ce système renferme peu de substances étrangères : les principales sont le gypse et le selmarin.

Les fossiles de ce système sont les mêmes que ceux du wellenkalk, mais ils sont peu nombreux.

Le **sous-étage du grès bigarré** ou *bunter sandstein* est caractérisé par la prédominance des psammites et de la couleur rouge. Il commence, ou plutôt il se termine, puisque nous allons de haut en bas, par une argile feuilletée qui d'un côté passe aux marnes grises du wellenkalk et de l'autre devient sableuse en passant à un psammites feuilleté, qui se divise en grandes dalles, dont on se sert non seulement pour paver les habitations, mais qui sont quelquefois assez minces pour être employées à couvrir les toits. Ce psammite forme ensuite d'épaisses couches à texture massive, ordinairement brun rougeâtre, rarement bigarré, et alors c'est le blanc, le jaune, le vert, le brun ou le noir, qui font des taches ou des raies sur un fond rouge ou blanchâtre. Il renferme beaucoup de paillettes de mica blanc d'argent, ainsi que des nids d'argile, et donne d'excellentes pierres de taille, dont la cohérence augmente par leur exposition à l'air.

Nous citerons comme type de l'**étage pénéen** les dépôts **de la Thuringe** qui sont mieux prononcés que ceux de la Souabe.

Le **sous-étage du zechstein** y présente six systèmes principaux que Freiesleben désignait par les noms de *letten*, *stinkstein*, *asche*, *rauhstein*, *rauchwacke* et *zechstein*.

Le *letten* est une marne, ordinairement gris bleuâtre ou gris verdâtre, qui passe à l'argile et se lie intimement avec les psammites et les marnes triasiques qui la recouvrent, ainsi qu'avec le calcaire fétide sur lequel elle repose. Elle renferme des bancs ou des rognons de dolomie sableuse et des cristaux de calcaire ainsi que de gypse, et au Riesengrunde près de Helsta, elle passe à une roche poudingiforme qui se rapproche des piéphites, quelquefois des gompholites, et qui contient beaucoup de fragments de micaschiste, de gneiss, de granite et de porphyre.

Le *stinkstein* est un calcaire fétide, ordinairement brun noirâtre, imprégné de bitume, et plus ou moins mélangé ou accompagné d'argile, de limonite et de gypse. Il se présente soit en couches minces, compactes, passant aux textures grenue ou schistoïde, soit en fragments anguleux qui sont quelquefois simplement enfouis dans l'argile, et qui, d'autres fois, forment une brèche dont les fragments sont unis directement ou liés par un ciment argileux. La limonite (*brauneisenstein*) est souvent subordonnée dans le calcaire fétide et le remplace quelquefois. Le *gypse* s'y trouve ordinairement en amas lenticulaire, traversés par des veines de calcaire fétide. Cette liaison entre le calcaire fétide et le gypse est un moyen de distinguer ce dernier du gypse triasique qui se trouve au dessus et qui se lie avec de l'argile rouge : ce gypse est aussi plus cohérent et plus pur que celui de l'étage triasique; il est quelquefois compacte, d'autres fois grenu à grain fin, et propre aux travaux de sculpture; mais son caractère le plus remarquable, c'est de renfermer des cavernes très considérables.

Il est probable que le selmarin peut aussi être compté dans le nombre des roches subordonnées au sous-étage qui nous occupe, et surtout au *stinkstein ;* car, indépendamment de la saveur salée de quelques assises, on en voit sortir des sources salées.

L'*asche* (cendre) est une couche peu puissante de dolomie argileuse, ordinairement grise, qui renferme communément du bitume, quelquefois du sable, et qui tombe en poussière lorsqu'elle est desséchée.

Le *rauhstein* est aussi une dolomie argileuse, rude au toucher, qui diffère de l'*asche* par sa cohérence.

La *rauchwacke* est une dolomie caractérisée par sa texture celluleuse. Sa couleur est ordinairement le gris de fumée; et elle est moins impré-

gnée de bitume que les systèmes précédents. Elle présente un grand nombre de variétés, parmi lesquelles une des plus remarquables est celle que Freiesleben appelait *articulée* (*gegliederte*) et qui constitue une couche de quelques centimètres d'épaisseur, formée de petits cylindres composés de six parties articulées l'une dans l'autre; on distingue aussi une variété amygdaloïde où les cavités sont remplies de calcaire terreux blanc.

Le *zechstein* est un calcaire gris-de-cendre ou noirâtre, compacte, à cassure conchoïde, tenace, quelquefois argileux, renfermant des veines et des grains de calcaire cristallin et du gypse. On y trouve aussi des sulfures et des carbonates de cuivre, ainsi que quelques grains de galène, et parfois des cristaux de quartz et des paillettes de mica. Ce système, qui prend souvent plus de développement que ceux qui le précèdent, s'en distingue par la présence de fossiles. L'espèce la plus abondante est le *productus horridus*.

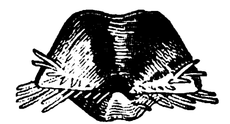



Fig. 116. Productus horridus, *Sow.*

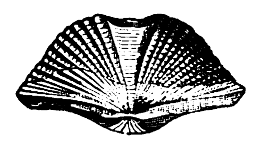


Fig. 117. Arca antiqua, *Münst.*

Le **sous-étage du kupferschiefer** se compose ordinairement de trois roches principales, que les mineurs désignent par les noms de *dach* (*toit*), *kupferschiefer* (*schiste cuivreux*) et *weissliegende* (*mur blanc*).

Le *dach* est un calschiste gris assez pur, qui doit son nom à la circonstance qu'il repose immédiatement sur le *kupferschiefer*. Celui-ci est aussi un calschiste qui forme une couche peu épaisse, présentant de nombreux ressauts et de fréquents étranglements; il est en feuillets très minces et quelquefois comme gaufrés; il est toujours imprégné de bitume et de carbone qui lui donne une couleur noire, d'où vient le nom de schiste marno-bitumineux qu'on lui donne lorsqu'il n'est pas métallifère; mais il contient ordinairement des sulfures de cuivre et de fer, tantôt en grains visibles, tantôt en molécules si petites qu'on ne les aperçoit pas, mais en quantité assez notable pour que cent parties de calschiste donnent quelquefois trois parties de cuivre, duquel on retire environ un demi pour cent d'argent. Ce calchiste renferme aussi de très petites quantités de plomb, de cobalt, de zinc, de bismuth et d'arsenic. Le *weissliegende* est un calchiste grisâtre, ordinairement mélangé de sable et passant au poudingue.

Ce sous-étage est remarquable par ses fossiles, parmi lesquels figurent un grand nombre de poissons, notamment des paléonisques, des platisomes, des acrolepis, etc., ainsi qu'un reptile (*Protorosaurus Speneri*).

Le **sous-étage inférieur** que les mineurs nomment *roth todt liegende*, parce qu'il est de couleur rouge et qu'il ne renferme plus de minerais de cuivre, est composé de roches conglomérées qui présentent tous les degrés intermédiaires, entre la texture grésiforme à grain fin et les textures poudingiforme et bréchiforme à gros fragments. Souvent, notamment dans les environs de Mansfeld, les roches dominantes sont des grès et des poudingues passant au psammite, au pséphite, ou au schiste argileux, et dont les fragments sont principalement composés d'une substance intermédiaire entre le quartz et le silex, laquelle ne ressemble à aucune des roches connues dans ces contrées. Dans le voisinage du Thüringerwald on reconnaît, au contraire, dans ces dépôts fragmentaires, des débris des roches qui constituent ce massif de montagnes, tels que du porphyre, du granite, du gneiss, du micaschiste, etc.

Le *roth liegende*, renferme aussi des masses subordonnées de calcaire compacte, de schiste charbonneux de houille et d'oligiste rouge, et il est souvent traversé par des dykes ou des culots de porphyre et de spilite. Ses fossiles sont des végétaux qui pour la plupart se composent d'espèces particulières à ce dépôt. On y a aussi trouvé des traces de sauriens.

Le **terrain permien** est aussi très développé en **Lorraine**, mais il y présente quelques différences avec ce que nous venons de voir en Souabe et en Thuringe.

D'abord pour ce qui concerne l'**étage triasique**, le selmarin qui s'y trouve en abondance se présente principalement dans le sous-étage keuprique, c'est à dire au dessus du muschelkalk. On avait même cru pendant longtemps qu'il était tout à fait étranger à ce dernier, et ce n'est que depuis peu que M. Levallois a reconnu (1) que le gîte de Salzbronn près de Sarralbe lui appartenait. Ensuite le psammite ou grès bigarré, y est plus généralement d'une couleur rouge amarante, d'une texture plus feuilletée et s'y distingue plus facilement de l'étage pénéen; ces deux dépôts étant souvent séparés par des failles qui ont élevé le dernier à des altitudes plus considérables que le premier.

Quant à l'**étage pénéen**, il ne s'y compose que de roches quartzeuses à texture conglomérées. Sa partie supérieure forme un puissant dépôt de

(1) *Mémoires de la société des Sciences et des Lettres de Nancy*, 1846.

beau grès rouge, que M. Élie de Beaumont a nommé *grès des Vosges*, parce qu'il recouvre une grande partie de cette chaîne de montagnes, où il s'élève à une grande altitude, tout en conservant cependant, une stratification à peu près horizontale. Ce grès renferme dans sa partie inférieure des cailloux roulés de quartz et passe ainsi à des roches poudingiformes et bréchiformes, dont la nature varie selon celles des roches sur lesquelles elles reposent. C'est ainsi que les parties qui touchent les granites et les autres roches feldspathiques formant le noyau méridional des Vosges, ne sont pour ainsi dire composées que de fragments de ces roches feldspathiques, mais à mesure que l'on s'en éloigne, l'élément quartzeux devient de plus en plus abondant. Les parties qui reposent sur les phyllades ou les autres roches primaires, sont aussi composées de débris de ces roches plus ou moins altérées et donnent naissance à des pséphites de couleur rougeâtre qui passent également au grès rouge.

Le **terrain permien** forme aussi un massif étendu dans le centre de l'**Angleterre**, où on le connaît sous le nom de *new red sandstone* (*nouveau grès rouge*). Il y est moins puissant et ses étages sont moins caractérisés qu'en Allemagne. Cependant la partie supérieure est en général composée de marnes rougeâtres (*red marl*), le milieu de grès rouge très bien prononcé, et la partie supérieure redevient marneuse et renferme un ou deux bancs de calcaire magnésien passant à la dolomie, ainsi que des amas ou des veines de gypse. Dans certains lieux, notamment aux Mendips hill, près de Bristol, ces assises sont représentées par des roches conglomérées où dominent des fragments de dolomie, d'où on les appelle *dolomitic conglomerat*.

Le **terrain permien** occupe un espace immense dans l'est **de la Russie** ou ancienne Permie, d'où il a tiré son nom. Il y forme une plaine ondulée et ses couches s'appuient sur le pied de l'Oural. M. Ludwig (1) y distingue les dix systèmes suivants, savoir : 1° grès et autres roches représentant le grès bigarré; 2° calcaire magnésien à *Schizodus truncatus*, *Mytilus Hausmanni*, *Turbo taylorianus*, *Gervillia antiqua*; 3° gypse; 4° calcaire à *Nautilus Freieslebeni*, *Cyathocrinus racemosus*, *Productus Cancrini*, etc., représentant le zechstein proprement dit; 5° grès rouge; 6° roches conglomérées à minerais de cuivre; 7° gypse avec selmarin; 8° calcaire d'eau douce; 9° grès bleus; 10° roches conglomérées formée de quartzite, de calcaire et d'autres roches de l'Oural.

(1) Ouvrage cité à la note précédente.

5° ORDRE. — TERRAINS PRIMAIRES (1).

Caractères généraux.—Les terrains primaires sont plus souvent en couches inclinées que les dépôts dont il a été parlé ci-dessus, ils renferment plus de filons proprement dits, et sont extrêmement importants pour l'industrie humaine, à cause de la quantité de combustible et de métaux utiles qu'ils contiennent. Nous avons déjà fait connaître les principaux de leurs fossiles (p. 208), mais il y a une partie de ces dépôts, qui est en général douée d'une texture cristalline, et dans laquelle on ne trouve pas de restes organiques.

On partage quelquefois ces terrains en deux grandes **divisions** sous les noms de *paléozoïques* et d'*azoïques*, selon que l'on y trouve ou que l'on n'y trouve pas de restes d'animaux ; mais il nous semble que, dans l'état actuel de nos connaissances, il ne convient pas d'établir une grande division sur un caractère négatif, qui peut d'un moment à l'autre être reconnu faux, ainsi que l'expérience l'a déjà prouvé pour d'autres dépôts, tels, par exemple, que le marbre de Carrare (p. 315), que l'on avait considéré pendant longtemps comme antérieur à l'existence des êtres vivants, et que nous avons vu se placer maintenant assez haut dans la série. Nous nous bornons, en conséquence, à diviser nos terrains primaires en six groupes, que nous désignons respectivement par les épithètes de *houiller*, *dévonien*, *rhénan*, *silurien*, *cambrien* et *cristallophyllien*. Les cinq premiers de ces groupes, sans être aussi nettement tranchés que ceux des terrains secondaires, représentent de même des dépôts successifs, caractérisés par des rapports stratigraphiques et paléontologiques ; mais, quant au dernier, qui se distingue principalement par sa texture cristalline et schistoïde, nous n'oserions affirmer qu'il ait toujours la même position relative, et qu'il ne représente pas quelquefois des portions d'autres groupes qui ont été modifiées par les phénomènes du métamorphisme.

(1) Les dépôts désignés ici par la domination de *terrains primaires* ont aussi été nommés *terrains hémilysiens* ou *demi-dissous*, et comprennent toute la partie neptunienne des divisions appelées *terrain de transition*, *Uebergangsgebirge*, *terrains primitifs*, *Urgebirge* par les anciens auteurs, ainsi que quelques portions des *terrains secondaires*, ou *Flaetzgebirgsarten* des mêmes auteurs.

1er *Sous-ordre.* — **Terrain houiller** (1).

Caractères généraux. — Le terrain houiller doit sa dénomination à la richesse des couches de houille qu'il renferme, mais on ne doit pas perdre de vue que la houille n'est pas exclusivement concentrée dans ce groupe, et que son absence dans certains dépôts n'est pas un motif pour ne point les ranger dans le terrain houiller, si d'ailleurs ils s'y rapportent par leur position et par leurs fossiles. Ces derniers sont surtout remarquables par l'immense flore dont nous avons signalé ci-dessus les principaux caractères (p. 207). Sa faune est aussi très riche notamment en brachiopodes, en crinoïdes et en zoanthaires. Les lamellibranches, les gastéropodes, les céphalopodes et les poissons y sont assez communs. Tous ces animaux, ainsi que nous l'avons déjà dit, appartiennent, à très peu d'exceptions près à des genres qui ne se retrouvent plus dans les dépôts supérieurs; quant aux trilobites, qui tendent à disparaître, ils y sont fort rares et représentés par deux genres. Les reptiles y sont encore plus rares et l'on n'y a bien reconnu jusqu'à présent que le seul genre archégosaure.

Le **terrain houiller de la Grande-Bretagne** peut être considéré comme un des plus développés et des plus riches qui existent, aussi peut-on dire qu'il a puissamment contribué à la prospérité industrielle de ce pays. Il y est disposé en un grand nombre de bassins séparés et plus ou moins étendus. On peut y distinguer trois étages principaux caractérisés respectivement par la prédominance de la houille, du psammite et du calcaire.

L'**étage supérieur,** nommé *coal measures* par les mineurs anglais, est principalement composé de schiste et de houille; c'est celui qui recèle les couches de combustible les plus puissantes et de meilleure qualité. Il renferme aussi du sidérose, qui forme des rognons ou des amas lenticulaires dans le schiste, et dont le traitement produit une immense

(1) Sans être convaincu que la chose soit réellement préférable, j'ai cru devoir me conformer à l'usage qui s'est établi depuis quelques années de réunir au terrain houiller l'assise calcaire sur laquelle il repose dans certaines contrées, afin de faire correspondre ce groupe au *Carboniferous system* des géologues anglais; mais j'ai conservé l'ancienne dénomination française plutôt que d'adopter celle de *terrain carbonifère* plus usitée aujourd'hui, mais que je trouve plus défectueuse que celle de *terrain houiller*, car si celle-ci a les défauts de toutes les dénominations minéralogiques appliquées à la géognosie, celle de *carbonifère* est encore plus impropre, puisque le carbone est un corps bien plus répandu dans la nature que la houille, laquelle est, à peu d'exception près, concentrée dans le terrain houiller.

quantité de fer. C'est dans cet étage que se trouve l'abondante flore qui caractérise le terrain houiller. Les fossiles animaux y sont fort rares.





Fig. 118. Goniatites Listeri, *Martin*, Sp.



Fig. 119. Calamites Sackovii, *Ad. Br.*

L'étage moyen est principalement formé par un psammite appelé *millstone grit*, qui passe au grès, au poudingue, à l'arkose; il contient aussi quelques couches de houille, notamment dans l'Yorkshire.

L'étage inférieur a été appelé *carboniferous limestone*, *mountain limestone*, *metalliferous limestone*, *calcaire de Bristol*, à cause d'un calcaire bleuâtre qui en est l'élément dominant. Il renferme aussi quelquefois de la houille dans sa partie supérieure, où elle est intercalée dans le calcaire; on en trouve même dans la partie inférieure, à Berwick sur la Tweed, où ce combustible alterne avec des schistes, du grès rouge et du gypse. Cet étage est aussi parfois traversé par des filons métallifères, tel est le cas des riches mines de plomb de Derbyshire.

Il renferme beaucoup de fossiles, notamment des productes, des évomphales, des orthocères, des crinoïdes, etc.



Fig. 120. Orthoceras laterale, *Phill.*



Fig. 121. Euomphalus pentagulatus, *Sow.*



Fig. 122. Bellerophon Costatus, *Sow.*

Les étages que nous venons d'indiquer sont loin de se retrouver aussi bien prononcés dans d'autres contrées, soit qu'ils perdent leurs caractères minéralogiques et se confondent ainsi l'un dans l'autre, soit qu'un ou deux de ces étages manquent dans ces contrées; c'est ainsi, par exemple, que le calcaire manque dans la plupart des **dépôts houillers du plateau central de la France**. Ces dépôts forment ordinairement des bassins moins étendus que ceux de la Grande-Bretagne, et paraissent ne point renfermer de fossiles marins.

Le **terrain houiller** forme dans le bassin de Moscou et dans les plaines du nord **de la Russie,** un vaste dépôt en couches horizontales, qui diffère beaucoup, par ses caractères minéralogiques et stratigraphiques, de ceux de l'Europe occidentale. Il est principalement composé d'un calcaire blanc, friable, grenu; les couches supérieures sont comme pétries de fusulines, et la partie inférieure renferme quelques couches de houille de mauvaise qualité. Au sud-est de ce dépôt, c'est à dire dans l'Oural et sur les bords du Donetz, on trouve d'autres massifs moins étendus, dont les couches sont inclinées et qui diffèrent moins de ceux de l'Europe occidentale.

2e *Sous-ordre.* — **Terrain devonien** (1).

Caractères généraux. — Le terrain dévonien, placé au dessous du terrain houiller, présente une composition minéralogique très variée, et renferme des fossiles qui, sans être complétement différents de ceux

(1) Lorsque, en 1808, j'ai décrit pour la première fois les terrains primaires d'entre l'Escaut et le Rhin, je les avais divisés en deux groupes principaux, désignés par les épithètes de *bituminifère* et d'*ardoisier*, tirés des noms de *chaux carbonatée bituminifère* qu'Haüy donnait au calcaire du premier de ces groupes et de *schiste ardoise* qu'Al. Brongniart donnait à la roche schistoïde qui domine dans le second. Plus tard, par suite des observations de M. Boüesnel (*Journal des mines*, XXIX, 207), j'ai divisé le groupe bituminifère en deux parties sous les dénominations de *terrains houiller* et *anthraxifère*. Lors de mon édition de 1843, je me suis conformé, ainsi que je l'ai dit dans la note précédente, à la marche adoptée par les géologues anglais, et j'ai réuni le calcaire de Visé avec le terrain houiller, en désignant le reste de mon terrain anthraxifère par le nom de dévonien. Je me trouvais ainsi d'accord avec le beau mémoire de MM. Sedgwick et Murchison *sur les terrains paléozoïques du nord de l'Allemagne et de la Belgique* (*Transact. of the Geolog. Soc. of London*, 2e sér., vol. VI, p. 221), dans lequel ces savants géologues conservaient pour leur terrain dévonien la limite inférieure que j'avais donnée, dès 1808, à mon terrain bituminifère. Depuis lors M. Murchison et d'autres géologues ont considérablement descendu la limite du terrain dévonien. Mais je crois pouvoir encore maintenir ma première ligne de démarcation, et je puis à ce sujet m'appuyer sur des autorités imposantes. Je citerai en premier lieu l'illustre auteur de la *Notice sur les systèmes de montagnes*, qui dit, tome Ier, p. 188, que « l'horizon géognostique du poudingue de Burnot, de Pépinster et de « l'Écosse, forme un des traits les plus largement dessinés de la stratigraphie de l'Europe septen- « trionale, depuis la rade de Brest jusqu'à la mer Blanche et depuis les îles Shetland jusqu'à l'Ar-

du terrain houiller, s'en distinguent pour la plus grande partie. On y a trouvé quelques restes de reptiles (*Terlepeton Elginense* et *Stagonelepis Robertsoni*) ainsi que beaucoup de poissons, dont quelques-uns appartiennent à la famille des céphalaspides qui est si différente des poissons actuels que l'on a cru pendant quelque temps y voir des crustacés. Les trilobites y sont très abondants et parmi les principaux genres de mollusques nous citerons les Orthocères, les Clyménies, les Goniatites, les Évomphales, les Pleurotomaires, les Murchisonies, les Cardiomorphes, les Spirifères, les Calcéoles, etc. Les Zoophytes y sont représentés par une grande quantité de Crinoïdes et de Cyathophyllides.

Ce groupe a été établi par MM. Murchison et Sedgwick, sur les dépôts qui existent dans la Grande-Bretagne et qui présentent de grandes différences dans les diverses parties de cette région.

C'est ainsi que le **terrain dévonien du Breconshire** et de l'Herefordshire est connu sous le nom d'*Old red Sandstone* ou *vieux grès rouge* parce qu'il est presqu'entièrement composé de roches de couleur rougeâtre, dont les plus communes sont des psammites ordinairement très micacés et à texture schistoïde, qui se divisent quelquefois en grands feuillets susceptibles d'être employés à couvrir les toits et qui, d'autres fois, sont assez massifs pour que l'on en fasse de belles pierres de taille. Ces psammites passent souvent à des schistes et à des argiles d'un rouge violâtre, qui sont parfois veinés ou tachetés de verdâtre. Dans la partie supérieure, on voit des grès, des sables et des poudingues dont la couleur est moins foncée, et, dans la partie moyenne, on trouve une roche conglomérée ou concrétionnée, nommée *cornstone* dans le pays, qui est souvent un calcaire plus ou moins impur, passant au pséphite et au

« denne et même jusqu'aux Ballons des Vosges. » D'un autre côté, Dumont, qui avait le coup d'œil stratigraphique si perçant et qui avait tant d'aptitude pour apprécier les caractères qui séparent ou qui lient les roches entre elles, a non seulement conservé la ligne de séparation dont il s'agit, mais, après vingt ans d'études, il est parvenu à établir des divisions et des subdivisions sérieuses dans le massif ardoisier d'entre l'Escaut et la Diemel, résultat que personne n'avait pu atteindre jusqu'alors. (Voir les tomes XX et XXI des *Mémoires de l'Académie royale de Belgique.*) Or, après avoir fait, avec la partie la plus ancienne, un premier groupe auquel il a donné le nom de *terrain ardennais*, parce que l'absence de fossiles ne permettait pas de juger s'il s'agissait de silurien ou cambrien, il a fait de la partie supérieure un groupe particulier auquel il a donné le nom de *terrain rhénan*. Cette marche a, selon moi, le grand avantage de ne pas confondre deux groupes qui ont entre l'Escaut et le Rhin des caractères minéralogiques très distincts et dont la réunion n'est fondée que sur quelques rapports paléontologiques encore imparfaits, les fossiles étant rares dans les parties du terrain rhénan étudiées jusqu'à présent et ces fossiles passant dans les dépôts supérieurs et inférieurs. D'après ces considérations, je maintiens au terrain dévonien les limites que je lui attribuais en 1843 avec les savants créateurs de ce nom et j'adopte le terrain rhénan tel que Dumont l'avait établi. Cette marche a aussi l'avantage de ne pas donner trop de développement au terrain dévonien qui, entre l'Escaut et la Roer, présente, dans les limites que je lui conserve, trois étages importants très bien caractérisés, ainsi qu'on le verra dans le livre VI ci-après.

gompholite. Les fossiles sont rares dans ce dépôt, on n'a même observé jusqu'à présent dans la partie supérieure que quelques traces de poissons, mais les restes de ceux-ci sont plus abondants dans la partie moyenne, surtout dans le cornstone, où l'on a observé plusieurs espèces appartenant aux genres *Onchus*, *Ctenachanthus*, *Cheirolepis*, *Cephalaspis*, *Cheiracanthus*, *Diplopterus*, *Dipterus* et *Holoptychus*.

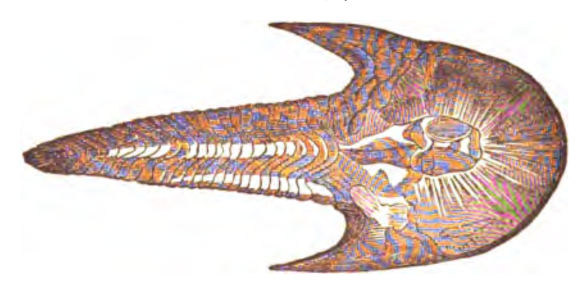


Fig. 123. Cephalaspis Lyellii, *Ag.*

Les **dépôts du Devonshire** qui ont donné leur nom au groupe, ont une composition plus variée et sont moins caractérisés que ceux du Breconshire. Ils se composent de schistes passant au phyllade, au calschiste, au stéaschiste, au psammite, au grès, et renferment des bancs plus ou moins puissants de calcaire, notamment aux environs de Plymouth. Ces roches se lient dans la partie supérieure avec des schistes houillers, et dans le bas avec d'autres roches schisteuses et quartzeuses que nous croyons se rapporter au terrain rhénan, mais que les géologues, anglais rangent dans le terrain dévonien inférieur.

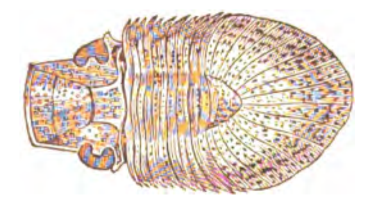


Fig. 124. Brontes flabellifer, *Goldf.*



Fig. 125. Spirifer Verneuili, *Murch.*





Fig. 126. Strygocephalus Burtini, *Defr.*

Le **terrain dévonien** forme dans les plaines **de la Russie** un vaste bassin en partie recouvert par les terrains houiller et permien ; il s'y présente avec les caractères distinctifs que nous avons déjà signalés dans le terrain houiller de cette région, c'est à dire que, outre son prodigieux développement géographique, il est formé de couches horizontales très peu cohérentes. Il y est principalement composé de sables et de grès rouges, verts et jaunes, d'argiles, de marnes et de calcaire blanchâtre, renfermant du gypse et du selmarin. Dans l'Oural, les couches sont relevées, les roches de couleurs plus foncées contiennent des parties cristallines, les argiles et les marnes sont remplacées par des schistes et des calschistes.

3e *Sous ordre*. — **Terrain rhénan** (1).

Caractères généraux. — Le nom de terrain rhénan a été donné, par Dumont, à des dépôts placés entre les terrains dévonien et silurien, dont ils se distinguent par des caractères stratigraphiques et minéralogiques plutôt que par des caractères paléontologiques ; aussi beaucoup de géologues les considèrent-ils comme la partie inférieure du terrain dévonien et d'autres les confondent-ils avec le terrain silurien supérieur. Leurs fossiles n'ont pas encore été étudiés d'une manière assez spéciale pour que l'on puisse bien déterminer leurs caractères, mais ils se composent en général d'espèces qui se retrouvent dans les faunes dévonienne ou silurienne (2).

Le **terrain rhénan** tire sa dénomination de la contrée traversée par le **Rhin**, entre Mayence et Bonn, où il forme un plateau élevé, sillonné par des vallées profondes qui ressemblent à des crevasses. Il est principalement composé de roches schisteuses et quartzeuses. Dumont, qui distinguait trois étages dans les dépôts rhénans de l'Ardenne, ainsi que nous le verrons dans le coup d'œil spécial sur la Belgique, n'en a reconnu que deux dans ceux du Rhin : le supérieur et le moyen.

L'**étage supérieur**, que Dumont nommait *système ahrien*, parce qu'il est très prononcé aux environs d'Ahrweiler, sur les bords *de l'Ahr*, en Eifel, est placé entre les dépôts dévoniens et l'étage moyen. Il est principalement composé de *psammites* et de phyllades de couleur grisâtre passant au bleuâtre, au verdâtre, au brunâtre, au rougeâtre. Ces phyl-

(1) Voir la note précédente.

(2) Comme les paléontologistes n'ont point encore donné de listes spéciales des fossiles rhénans, je vais extraire de la grande liste de fossiles anciens, publiée en 1842 par MM. d'Ar-

lades passent au schiste et renferment des paillettes de pyrophyllite. Les psammites, qui ont fréquemment la texture schistoïde, se lient intimement aux phyllades et passent également au grès, au quartzite, et quelquefois à l'arkose. On voit près de Salm, au nord de Trèves, une petite bande calcaire qui paraît appartenir à cet étage.

L'étage moyen, ou *système coblentzien* de Dumont, est beaucoup plus développé et s'étend sur les deux rives du Rhin; sa partie supé-

chiac et de Verneuil, les noms de ceux recueillis dans les localités appartenant, d'après Dumont, au massif rhénan du Rhin.

CRUSTACÉS.

Calimene Blumenbachii, *Br.*
— macroptalma, *Id.*
Homalonotus Herschelii, *Murch.*
— Knightii, *Kœn.*
Asaphus Haumanni, *Br.*
— subtyrannus, d'*Ar.* et de *V.*

CÉPHALOPODES.

Goniatites æqualis, *Beyr.*
— compressus, *Id.*
— latiseptatus, *Id.*
— Nœggerathi, *Id.*
— subnautilinus, *Schlot.*
Orthoceras calamiteus, *Munst.*
— Dannenbergii, d'*Ar.* et de *V.*
— dimidiatus, *Sow.*
— gracilis, *Blu.*
— ibex, *Sow.*
— regularis, *Schlot.*
— triangularis, d'*Ar.* et de *V.*
— Wissenbachii, *Id.*

GASTÉROPODES.

Pleurotomaria undulata, *Phil.*
Pileopsis cassideus, d'*Ar.* et de *V.*
Bellerophon cornuarietis, *Sow.*
— Murchisoni, d'*Orb.*
Conularia Gervillei, d'*Ar.* et de *V.*

BRACHIOPODES.

Terebratula amygdalina.
— Stricklandi, *Sow.*
— subglobosa, *Goldf.*
— gryphus, *Schlot.*
— prisca, *Id.*
Leptæna explanata, *Sow.*
— plicata, *Id.*
— sarcinulata *Hüpsch.*
— striata, *Goldf.*
Orthis actoniæ, *Sow.*
— circularis, *Id.*
— fascicula̧ta, *Goldf.*
Orthis flabellulum, *Sow.*
— grandis, *Id.*
— lunata, *Id.*
— Murchisoni, d'*Ar.* et de *V.*
— pecten, *Dalm.*
— Sedgwickii, d'*Ar.* et de *V.*
— subarachnoidea, *Id.*
Spirifer intermedius, *Schlot. Sp.*
— macropterus, *Goldf.*
— ostiolatus, *Schlot. Sp.*
— speciosus, *Id.*

LAMELLIBRANCHES.

Avicula obsoleta, *Goldf.*
Pterinea costata, *Id.*
— elongata, *Id.*
— fasciculata, *Id.*
— lævis, *Id.*
— lamellosa, *Id.*
— plana, *Id.*
— trigona, *Id.*
— ventricosa, *Id.*
Nucula grandæva, *Id.*
— obesa, *Id.*
— prisca, *Id.*
— securiformis, *Id.*
Modiola antiqua, *Id.*
Cardium marginatum, *Id.*
Isocardia antiqua, *Id.*
— Humboldtii, *Id.*
Tellina obliqua, *Id.*
Sanguinolaria dorsata, *Id.*
— gibbosa, *Id.*
— soleniformis, *Id.*

ÉCHINODERMES.

Ctenocrinus typus, *Bronn.*
Halocrinites pyramidalis, *Id.*

ANTHOZOAIRES.

Pleurodyctium problematicum, *Goldf.*
Gorgonia infundibuliformis, *Id.*
— ripistera.

On trouvera une liste des fossiles rhénans de l'Ardenne au livre VI ci-après.

rieure, qui recouvre entre autres presque tout le plateau du Hundsrück, est principalement composée de phyllades passant au psammite et au quartzite. Cette roche est quelquefois, notamment à Caub, au sud de Coblentz, exploitée comme ardoise pour couvrir les toits; il y en a, surtout dans le bas, qui contient de l'oligiste et qui se décompose en une terre rougeâtre; il y en a aussi qui passe à l'ampélite et se décompose en une terre noirâtre, mais le plus ordinairement, surtout sur le haut, elle se décompose en une terre grisâtre, luisante, qui ne fait point pâte avec l'eau. Du reste, cette tendance à la décomposition n'a lieu que sur les plateaux ou dans certaines portions qui traversent verticalement le massif, car la plus grande partie des roches que l'on voit sur les flancs des vallées, sont en général mieux conservées. C'est le quartzite qui domine dans la partie inférieure de l'étage, mais ses couches se relèvent au milieu des phyllades de manière à former le sommet du Taunus et les crêtes qui dominent les plateaux du Hundsrück. Ces quartzites passent souvent au psammite, au grès, au phyllade, rarement au poudingue à petits grains, plus rarement à l'arkose; ils renferment des veines de quartz, des paillettes ou des enduits de pyrophyllite, des grains d'oligiste. Cette dernière substance forme quelquefois, notamment aux environs de Bingen, des taches rouges sur un grès ou quartzite blanchâtre. On trouve parfois dans les phyllades des rognons ou de petits bancs de calcaire et de dolomie. Le calcaire forme même un petit massif à Stromberg, entre Coblentz et Bingen; sa texture y est compacte, passant au schistoïde et au lamellaire, et il est traversé par des veines de calcaire blanc, quelquefois rougeâtre, avec de petits cristaux de calcaire et de quartz.

Le massif rhénan du Rhin est traversé par de nombreux dykes ou filons de quartz, qui forment souvent des saillies sur les roches schisteuses et dont les débris couvrent quelquefois le sol de gros blocs. Il y a aussi des filons métallifères qui donnent lieu, surtout sur la rive droite du Rhin, à des exploitations plus ou moins importantes de fer, de plomb, de cuivre, de zinc, de manganèse, etc., etc.

Ce massif est aussi traversé par des dykes et des culots de terrains volcanique, basaltique, trachytique et porphyrique. On ne remarque pas que les roches rhénanes qui touchent ces roches plutoniennes diffèrent sensiblement des autres, mais on rencontre dans d'autres lieux, surtout dans le pays de Nassau, des roches qui forment des espèces de taches dans le massif, mais qui paraissent être la continuation des couches ordinaires, dont elles diffèrent néanmoins par leur aspect et par leur nature. Ces roches ont une texture plus variable; tantôt elles sont plus

friables, tantôt elles sont plus tenaces, tantôt elles sont plus cristallines. Elles présentent notamment une roche à texture écailleuse, que pour cette raison on appelle *Schalstein*, et dont la composition paraît avoir des rapports avec celle de la spilite; aussi passe-t-elle effectivement à cette dernière roche.



Fig. 127. Conularia Gervillei, *d'Arch. et de V.*

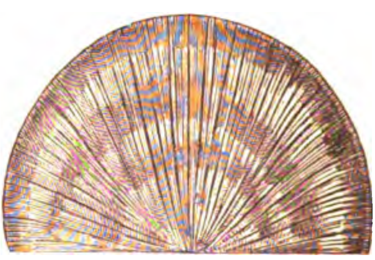


Fig. 128. Orthis Sedgwicki, *d'Arch. et de V.*

5e *Sous-ordre*. — Terrain silurien (1).

Caractères généraux. — Le terrain silurien est caractérisé par sa position en dessous des groupes dont nous avons parlé jusqu'à présent et par ses fossiles qui renferment très peu d'espèces passant à d'autres groupes. Les animaux vertébrés y sont représentés par quelques restes de poissons qui, pour la plupart, ne sont pas encore bien déter-

(1) Deux géologues éminents de la Grande-Bretagne, qui avaient étudié de concert les *terrains* dits *de transition* de l'ouest de cette région, reconnurent dans le commencement de leurs recherches qu'il y avait lieu d'y distinguer deux groupes, qu'ils convinrent d'appeler *Silurien* et *Cambrien*, d'après les noms des Silures et des Cambres qui habitaient anciennement ces contrées; mais, lorsque les deux savants amis eurent poussé plus loin leurs études dans les domaines qu'ils s'étaient respectivement distribués, ils ne purent plus s'entendre sur la ligne de séparation entre les deux groupes, ce qui n'a rien d'étonnant, dans ma manière de voir, car, ainsi que je le répète souvent, lorsque deux terrains, ayant le même mode de formation, se suivent dans la série des temps, il y a presque toujours des raisons pour mettre la ligne de démarcation plus haut ou plus bas. Aussi M. Murchison a-t-il été conduit à réunir successivement dans le terrain silurien presque toutes les parties fossilifères du terrain cambrien, et M. Sedgwick, au contraire, a été conduit à faire remonter le terrain cambrien jusqu'au dessus du psammite de Caradoc. Il y a cependant une circonstance qui aurait peut-être tranché la difficulté, si elle avait été connue en Angleterre lorsque les savants amis ont arrêté leurs dernières opinions, c'est la découverte faite, en Bohème, par M. Barrande d'une *faune* particulière, qu'il nomme *primordiale* et qu'il considère comme indépendante des faunes suivantes. Or, cette faune s'étant retrouvée dans la partie inférieure du terrain cambrien de M. Sedgwick, il semble qu'il y a lieu de faire concorder la fin du terrain cambrien avec la fin de la faune dont il s'agit; aussi est-ce ce qu'a fait M. Lyell dans la 5e édition de son *Manuel de Géologie* et ce que je vais également faire ici.

minés. Les trilobites y sont excessivement abondants et accompagnés d'un autre crustacé, le ptérigote, dont les formes sont si singulières qu'on l'avait pris pour un poisson. On y trouve aussi beaucoup de céphalopodes, notamment des orthocères, des ascocères, des lituites, des gomphocères, des tròchocères. Parmi les autres classes nous citerons les murchisonies, les bellerophons, les conulaires, les cardiomorphes, les spirifères, les atrypes, les pentamères, les orthis, les fenestelles ainsi qu'une grande quantité de crinoïdes et d'anthozoaires, notamment des madréporides, des favositides, des cyathophyllides, des graptolithides.

M. Murchison qui a établi ce groupe sur des **dépôts** de l'ouest **de la grande Bretagne** le divise en deux parties.

L'étage supérieur contient deux assises calcareuses au milieu de roches quartzeuses et schisteuses, ce qui permet d'y distinguer cinq systèmes.

Celui de ces systèmes qui est au dessus des autres, et que M. Murchison nomme *upper Ludlow rock*, est principalement composé de *psammites* passant au macigno et au schiste, que l'on exploite comme pierre à bâtir, notamment aux environs *de Ludlow*. Il récèle plusieurs espèces de poissons, des homalonotes et beaucoup d'autres fossiles.

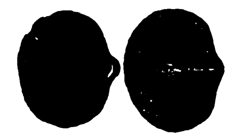




Fig. 129. Orthis elegantula, *Dalm.*





Fig. 130. Terebratula navicula, *Sow.*

On trouve en dessous une assise très épaisse d'un *calcaire* argileux, grisâtre, exploité, entre autres, aux carrières *d'Aimestry*, d'où vient la dénomination *d'Aimestry limestone*. Ce calcaire est caractérisé par la présence d'une grande quantité de *Pentamerus Knightii*.



Fig. 131. Pentamerus Knightii, *Sow.*

On voit reparaître ensuite des roches (*lower Ludlow rock*) qui ressemblent beaucoup au système supérieur, mais qui ont plus de tendance à passer au *schiste* et au calschiste avec des concrétions calcaires. Elles renferment, entre autres fossiles, une grande quantité d'orthocères.

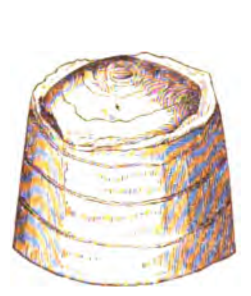


Fig. 132. Fragment d'Orthoceras Ludense, *Sow.*



Fig. 133. Palmania? (Asaphus) caudatus, *Brong.*



Fig. 134. Phragmoceras ventricosum, *Sow.*

Au dessous reparaît une nouvelle assise de *calcaire* bleuâtre (*Wenlock limestone*) qui est, entre autres, très développée aux carrières *de Wenlock* et qui correspond au dépôt de Dudley, célèbre parmi les paléontologistes comme ayant fourni les beaux échantillons de *Calymene Blumenbachii* qui ornent un grand nombre de collections. Ce système se distingue des autres par la présence de plusieurs genres de crinoïdes.

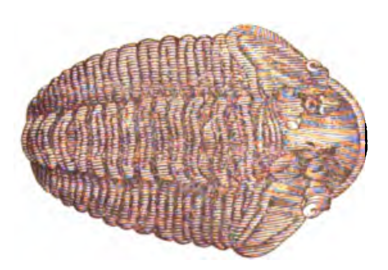


Fig. 135. Calymene Blumenbachii, *Brong.*



Fig. 136. Lituites giganteus, *Sow.*



Fig. 137. Cyathophyllum turbinatum, *Goldf.*

Le calcaire de Wenlock se lie dans sa partie inférieure avec des *schistes* et des calschistes (*Wenlock shales*) dont les fossiles les plus nombreux sont des brachiopodes.

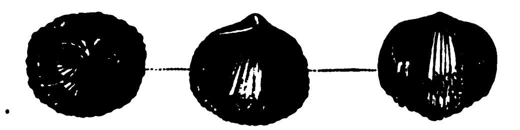


Fig. 138, Rhynchonella (Terebratula) Wilsoni, *Sow.*

L'étage inférieur, tel que nous le restreignons, correspond aux trois subdivisions que M. Murchison nomme maintenant *Llandovery rocks*, *Caradoc or Bala formation* et *Llandeilo rocks*.

Les *roches de Llandovery* forment une transition entre les étages supérieurs et inférieurs attendu que leur faune présente, outre quelques espèces spéciales, des espèces communes aux deux étages, mais leur nature quartzo-argileuse les rapproche d'un puissant dépôt de *psammites* sur lequel elles reposent et qui forme, entre autres, la majeure partie des collines de *Caradoc* d'où on les appelle *Caradoc Sandstone*. Ces psammites sont légèrement micacés, souvent schistoïdes, quelquefois assez massifs pour être employés comme pierre de taille; leur couleur varie du rougeâtre au verdâtre et au grisâtre; ils passent quelquefois au macigno, plus souvent au schiste et au phyllade, surtout dans la partie inférieure qui renferme parfois des bancs de *calcaire*, notamment à *Bala*.

La subdivision de *Llandeilo* est principalement composée des phyllades qui sont non seulement exploitées comme ardoises dans le nord du pays de Galles, mais qui servent aussi à faire des monuments funèbres et d'autres ouvrages d'art. Ces roches passent au psammite, au quartzite et sont quelquefois très mélangées de chlorite.

Il y a beaucoup de fossiles dans cet étage; ce sont principalement des trilobites des genres *Trinucleus*, *Ampyx*, *Ogygia*, *Asaphus*, *Illænus*, des brachiopodes des genres *Leptæna*, *Atrypa*, *Spirifer*, *Orthis*; des graptolitides, etc.



Fig. 139. Ogygia (Asaphus) Buchii, *Brong.*



Fig. 140. Asaphus tyrannus, *Murch.*



Fig. 141. Orthis grandis. *Sow.*



Fig. 142. Échinosphérites balticus, *Eichwald.*
a. Bouche. *b*. Point d'insertion de la tige.

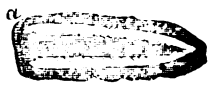




Fig. 143. Didymograpsus (graptolites) Murchisonii. *Beck.*

Le **terrain silurien de la Bohême** a aussi acquis beaucoup de célébrité par les beaux travaux de M. Barrande. Il forme dans le centre de cette contrée un bassin elliptique au milieu duquel l'**étage supérieur** constitue un petit massif également elliptique où domine un calcaire bleuâtre quelquefois cristallin, d'autres fois argileux, accompagné de schistes ordinairement grisâtres, et dont la base est traversée par des roches trappéennes. M. Barrande distingue dans ce massif quatre divisions qu'il désigne par les lettres H, G, F, E et qui ont chacune des faunes particulières lesquelles toutefois ont des caractères généraux communs et plusieurs espèces communes.

L'**étage inférieur,** que M. Barrande désigne par la lettre D et qui

se montre sous la forme d'une bande elliptique autour du massif supérieur, est principalement composé de quartzite passant au phtanite ainsi qu'au psammite et alternant avec de nombreuses assises schisteuses. Sa faune qui est, comme celle de l'étage supérieur, caractérisée par un grand nombre de trilobites, n'a cependant presque pas d'espèces communes avec cette dernière; si ce n'est qu'il existe dans cet étage quelques amas lenticulaires ou petites couches qui renferment les fossiles de l'étage supérieur; c'est ce que M. Barrande appelle des *colonies* (1).

Le **terrain silurien** forme **en Russie** une bande qui passe à Saint-Pétersbourg en s'étendant de la Livonie à la mer Blanche, et qui présente, par rapport aux dépôts de l'Europe occidentale, les mêmes différences que nous avons déjà remarquées dans les autres dépôts primaires de cette vaste région, c'est à dire que, au lieu de calcaires compactes, très cohérents et de couleur foncée, ce sont des calcaires grenus plus ou moins friables, de couleur blanchâtre bigarrée de teintes peu foncées de rougeâtre, de verdâtre, etc. Ces calcaires sont souvent mélangés de grains de chlorite et recèlent une grande abondance de fossiles, notamment l'*Illenus crassicauda*, les *Orthoceras duplex* et *vaginatus*, des cystidées, etc.

En dessous de ces calcaires se trouvent des sables passant au psammite qui renferment, entre autres fossiles, l'*Obolus Apolinis* et le *Siphonotetra anguiculata*.

Ces sables reposent sur une puissante assise d'argile bleuâtre que l'on n'a pas encore traversée et dans laquelle on n'a pas vu de fossiles; de sorte que l'on n'est pas à même de dire si elle n'appartient pas au terrain cambrien plutôt qu'au terrain silurien.

6e *Sous-ordre*. -- **Terrain cambrien** (2).

Caractères généraux. — Le terrain cambrien est caractérisé par sa position en dessous des groupes dont nous avons parlé jusqu'à présent et, pour la partie fossilifère, par une faune particulière que M. Barrande a signalée, en 1846, sous le nom de *primordiale*, et dans laquelle il comptait déjà, en 1859 (3), 178 espèces réparties dans

(1) *Bulletin de la Société Géol. de France*, 1860, XVII, 602.
(2) Voir la note page 312.
(3) *Bulletin de la Soc. Géol.*, 1859, XVI, 516.

47 genres dont une seule espèce et 11 genres se retrouvaient dans les faunes siluriennes.

Le **terrain cambrien** a été établi par M. Segdwick sur des dépôts **de la Grande-Bretagne** et peut, dans les limites où nous le restreignons, être divisé en deux étages.

L'étage supérieur que M. Segdwick nomme (1) *Festiniog group* est principalement composé de schistes passant aux phyllades, aux stéaschistes, aux psammites ; il est traversé par de nombreux dykes de roches trappéennes. Les fossiles y sont extrêmement rares. Il y a cependant une couche schisteuse qui renferme ordinairement une lingule (*L. Davisii*). On y trouve aussi quelques trilobites des genres *Paradoxides*, *Olenus*, *Conocephalites*, *Ellipsocephalus*, *Agnostus* et un autre crustacé (*Hymenocharis vermicauda*).

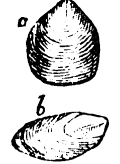


Fig. 144. Lingula Davisii, *M'Coy.*



Fig. 145. Olenus micrurus, *Salter.*

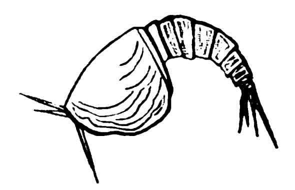


Fig. 146. Hymenocharis vermicauda, *Salter.*

L'étage inférieur que M. Segdwick nomme *Longmind and Bangor group* est aussi composé de schistes passant au quartzite. Il est traversé dans le Longmind par de riches filons métallifères. Les fossiles sont si rares dans cet étage que l'on a cru longtemps qu'il n'y en existait pas, et l'on n'en a même pas encore trouvé dans les dépôts du pays de Galles (*Harlech grits and Llanberis slates*) mais on a découvert dernièrement sur la côte opposée de l'Irlande des bryozoaires du genre *Oldhamia*. On a aussi trouvé dans les schistes de Longmind des fucoïdes, des traces d'annélides et quelques débris de trilobites du genre *Palæopige*.

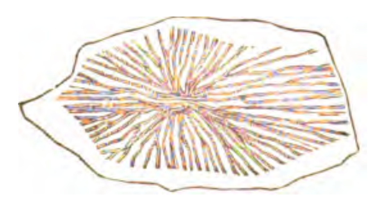


Fig. 147. Oldhamia radiata, *Forbes.*



Fig. 148. Oldhamia antiqua, *Forbes.*

(1) *Synopsis of the classification of the British paleozoic rock*, 1855.

Nous rapportons également au **terrain Cambrien** des dépôts **de la Bohême** qui se trouvent au dessous des assises siluriennes dont il a été parlé ci-dessus (p. 316) et dans lesquels M. Barrande a distingué trois étages qu'il désigne par les lettres C, B, A. L'étage C consiste dans des *schistes* qui ne se montrent que dans deux petites bandes le long du massif silurien, notamment *à Ginetz* et à Skrey. Ils sont ordinairement de couleur verdâtre passant au brun par suite de la décomposition et renferment, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, une faune tout à fait différente de celle des dépôts siluriens qui les recouvrent. Cette faune se compose d'après M. Barrande (1) de 41 espèces, dont 27 trilobites appartenant aux genres *Paradoxides*, *Conocephalites*, *Ellipsocephalus*, *Arionellus*, *Sao*, *Hydrocephatus*, *Agnostus*, le reste se compose de Brachiopodes, de Bryozoaires et de Cystidées.

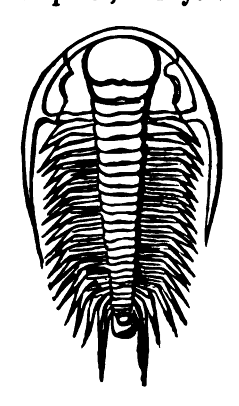


Fig. 149. Paradoxides Bohemicus, *Barr.*



Fig. 150. Conocephalites striatus, *Emmerich.*



Fig. 151. Agnostus rex, *Barr.*

Les étages B et A où l'on n'a pas encore trouvé de fossiles occupent à l'ouest du massif silurien un espace considérable d'où se détachent deux larges bandes qui bordent le massif silurien au nord et au sud. Ils sont intimement liés entre eux, mais la partie supérieure ou étage B se compose de roches schisteuses ordinaires passant quelquefois au poudingue et au phtanite, tandis que la partie inférieure ou étage A, qui repose directement sur le granite ou sur le Gneiss, présente fréquemment la texture cristalline, Ces dépôts sont traversés par des roches trappéennes ainsi que par des filons métallifères qui donnent notamment lieu aux riches mines de Pzibram et de Mies.

(1) *Bulletin de la Soc. Géol.*, 1859. XVI, 543.

Le **terrain Cambrien** a été découvert dernièrement dans les **monts Cantabres** (1). Il y est composé d'un calcaire rougeâtre passant au calschiste et contenant des fossiles appartenant aux genres *Paradoxides*, *Arionellus*, *Conocephalites*, *Agnostus*, *Leperditia*, *Capulus*, *Discina*, *Orthis*, *Orthisina*, *Trochocystides*. Ces roches, qui sont en couches fortement relevées, s'observent sur une longueur de plus de 100 kilomètres, en formant des bandes qui ont quelquefois près de 40 mètres de puissance et qui sont en contact, soit avec des calcaires renfermant des fossiles dévoniens, soit avec des grès blancs contenant quelques débris de corps organisés que l'on n'a pas encore pu déterminer.

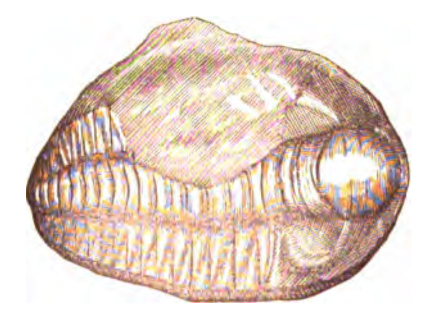


Fig. 152. Paradoxides Pradoanus, *Barr.*



Fig. 153. Arionellus ceticephalus, *Barr.*

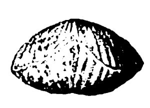
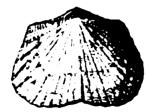
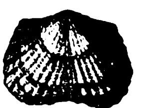




Fig. 154. Orthis primordialis, *de Vern.*

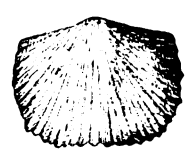
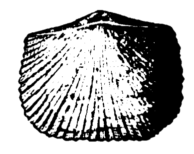



Fig. 155. Orthissina vaticina, *Salter.*

Le **terrain Cambrien** forme un massif très étendu et très puissant dans l'État **de New-York**, où il est connu sous le nom de *Taconic system*. Il y est principalement formé d'un grès, appelé *Postdam sandstone*, souvent

(1) Voir la notice de MM. Casiano de Prado, de Verneuil et Barrande, *Bull. de la Soc. Géol.*, 1860, XVII, 516.

blanc ou grisâtre, d'autres fois rougeâtre ou verdâtre, ordinairement très cohérent, quelquefois friable, passant souvent au psammite, quelquefois au poudingue et même à l'arkose lorsqu'il est dans le voisinage des roches plutoniennes. Ses couches sont ordinairement horizontales. On y a trouvé les fossiles suivants : *Dikocephalus Meniskaensis*, *D. granulosus*, *D. Minnesotensis*, *Scolithus linearis*, *Lingula prima*, *L. Antiqua*.

Il se retrouve également dans le Canada et dans le Vermont, où M. Marcou (1) distingue en dessous du grès de Postdam les trois systèmes suivants, savoir : les *dalles à Lingules de Highates spring*, les *Schistes de Georgia* et le *Groupe de St-Albans* formé de schistes et de grès avec des amas lenticulaires de calcaire.

6e *Sous-ordre*. — **Terrain cristallophyllien** (2).

Caractères généraux. — Nous avons déjà indiqué que nous n'oserions affirmer que les dépôts que nous réunissons sous la dénomination de terrain cristallophyllien aient, dans l'écorce du globe, une position bien déterminée en dessous des autres groupes que nous venons d'examiner. Ce qu'il y a de certain, c'est que, sauf quelques cas de renversements locaux, ces dépôts ne se trouvent jamais au dessus de l'un ou de l'autre de ces groupes, mais qu'ils les séparent souvent des masses granitiques. Les dépôts cristallophylliens se distinguent par la prédominance des roches à texture schisto-granitoïde et schisto-lamellaire, c'est à dire en même temps schistoïde et cristalline, ainsi que par l'abondance des micas et des talcs. Ils renferment d'ailleurs une si grande quantité de minéraux disséminés que si nous voulions en faire l'énumération, nous serions obligé de répéter presque toute la nomenclature minéralogique; mais ces dépôts sont surtout remarquables par les nombreux gîtes métallifères qu'ils renferment, soit en filons, soit en amas couchés. Ils sont très répandus à la surface de la terre; cependant les massifs où ils se montrent seuls au jour sont rarement d'une grande étendue. Ils se rencontrent plus fréquemment dans les pays de montagnes que dans ceux de plaines; ils sont en général peu favorables pour la

(1) *Proceeding of the Boston Soc. of Nat. Hist.* 1861.

(2) Ce groupe est ordinairement désigné par la domination de *schistes cristallins*, parce que les roches qui le composent ont généralement une texture en même temps schistoïde et cristalline, mais j'ai cru devoir remplacer par cette domination par celle de *cristallophylliens*, c'est à dire *feuillets cristallins*, parce que ce terrain ne contient pas de *schistes* dans le sens que je donne, ainsi que beaucoup de géologues actuels, à ce nom de roche. J'avais désigné ce groupe dans mes publications antérieures à 1842 par la dénomination de *terrain talqueux*, qui a l'inconvénient de ne s'appliquer convenablement qu'à l'un des systèmes qui le composent.

culture, et souvent couverts de landes, de pâturages et de forêts. Ils présentent un caractère particulier : c'est que, tandis que les autres groupes dont nous avons déjà parlé ne se lient qu'autant qu'ils se suivent dans la série chronologique, les dépôts cristallophylliens se lient ordinairement avec la plupart des autres dépôts qui se trouvent en contact avec eux, ce qui vient à l'appui de l'idée que ce groupe, ou du moins une partie de ce groupe, au lieu de représenter une période de la série des temps, serait plutôt le résultat de l'action des phénomènes métamorphiques, ainsi que nous le verrons dans la Géogénie.

Division. — Si l'on ne peut affirmer que le groupe cristallophyllien ait une position bien déterminée, à plus forte raison ne peut-on pas y reconnaître des étages bien caractérisés, et il serait possible que les trois divisions principales que l'on y distingue, et où dominent respectivement le *stéaschiste*, le *micaschiste* et le *gneiss*, représentassent plutôt une manière d'être minéralogique que des rapports géognostiques. On a aussi placé à côté de ces trois grandes divisions d'autres systèmes caractérisés par la présence du quartzite, du calcaire, du schiste, de l'amphibole, de l'ophiolite, ainsi que d'autres roches feldspathiques et pyroxéniques. Mais il y a de ces roches, notamment parmi les dernières, qui sont de véritables dykes plutoniens et non des membres du groupe qui nous occupe, et, quant aux autres, il semble que, au lieu de les considérer comme formant des systèmes susceptibles de figurer à côté des trois grandes divisions que nous venons de signaler, il y a plutôt lieu de n'y voir que des membres subordonnés à ces divisions, ou même aux autres groupes neptuniens. C'est ainsi, par exemple, que nous avons déjà vu que l'un des gîtes que l'on avait cités pendant longtemps comme type du calcaire primitif, celui de Carrare, se range maintenant dans un groupe assez élevé dans la série. Les roches quartzeuses ont peut-être plus de droit à figurer comme formant un système indépendant, entre autres celles qui constituent un massif puissant dans les montagnes de Minas-Geraes au Brésil, célèbres par l'abondance du quartz aurifère, du quartz à paillettes d'oligiste spéculaire ou itabirite et du quartzite micacé ou itacolumite; mais les relations géognostiques de ce dépôt ne sont pas encore bien déterminées.

Le **système** où dominent les **stéaschistes**, qui est souvent désigné par les dénominations de *schiste talqueux* ou de *talc schiste*, a été quelquefois confondu avec le système des micaschistes, parce que ces deux roches sont fréquemment difficiles à distinguer et passent de l'une à l'autre. Les stéaschistes passent également et peut-être plus souvent encore au quartzite, car il est rare que les stéaschistes ne contiennent

pas de quartz et ne passent pas au quartzite talqueux. D'autres fois les stéaschistes renferment du feldspath et passent au gneiss. On avait même rapporté à ce système la grande masse de protogine qui forme la cime et le noyau du Mont-Blanc dans laquelle Saussure avait cru reconnaître une stratification, mais que l'on est maintenant porté à considérer comme un immense culot appartenant au terrain granitique (1).

Le **système du micaschiste,** que l'on a souvent désigné par la dénomination de *formation du schiste micacé* (*Glimmerschiefer*), est très répandu dans la nature et a beaucoup attiré l'attention des géologues et des mineurs, à cause des nombreux filons métallifères qui le traversent. Le mica qui, comme on sait, est l'élément dominant du micaschiste, diminuant quelquefois ou disparaissant, la roche devient du quartzite micacé ou même du quarzite à peu près pur; d'autres fois le feldspath remplaçant tout ou partie du quartz, la roche passe au gneiss. D'autres éléments se développent aussi dans ce système et y forment même des bancs subordonnés, notamment le calcaire, qui est souvent blanc passant au bleuâtre à texture saccharoïde. On peut aussi citer du gypse, de la karsténite, de la hornblende schistoïde, etc.

Le **système du gneiss** est la plus importante des divisions du terrain cristallophyllien, et celle qui mérite le mieux le nom d'étage qu'on lui donnait généralement avant l'introduction des doctrines du métamorphisme, car on ne peut pas lui contester d'être le terme le plus inférieur des terrains stratifiés. Ce système paraît avoir une composition moins compliquée que les deux divisions précédentes; cependant la diminution ou la disparition de l'un de ces éléments, les changements qu'éprouve leur mode d'agrégation, et quelquefois enfin l'accession de principes étrangers, déterminent l'existence de roches qui portent des noms différents dans la nomenclature. C'est ainsi que quand le mica disparaît, le gneiss passe au leptynite et à l'eurite; si, au contraire, le mica passe au talc, la roche devient de la protogine; si c'est le feldspath qui est remplacé par du quartz, on a du micaschiste, etc., sans compter que ce système renferme aussi des bancs subordonnés de calcaire, de hornblende, etc. Mais c'est surtout avec le granite que le gneiss présente des liaisons et des mélanges; non seulement ces roches se lient si intimement qu'il est souvent impossible de dire où commence l'une et où finit l'autre, ce qui se conçoit d'autant plus facilement que la compo-

(1) Voir, entre autres, la description géologique du Dauphiné, par M. Lory, et la belle coupe du Mont-Blanc, par M. Favre, mémoires de la Soc. de Phys. et d'Hist. naturelle de Genève, 1859, XV. pl. III.

sition des deux roches est à peu près la même, et que la différence entre le système du gneiss et le terrain granitique consiste principalement dans la stratification de l'un et la structure typhonienne de l'autre, caractères que les nombreuses fissures et les altérations qui ont ordinairement lieu vers le point de contact rendent très difficiles à reconnaître. D'un autre côté, on trouve des fragments de granite intercalés dans le gneiss, et plus souvent des fragments de gneiss dans le granit.

DEUXIÈME CLASSE. — TERRAINS PLUTONIENS (1).

Caractères généraux. — Les terrains plutoniens sont assez généralement composés de roches feldspathiques, amphiboliques, pyroxéniques et talqueuses à texture cristalline. Ils forment ordinairement des typhons, des culots, des dykes et des coulées, et ne recèlent point de corps organisés. Il y a cependant quelques exceptions à ces deux dernières règles, consistant en ce qu'on laisse dans ces terrains des dépôts peu étendus qui sont composés de fragments de roches analogues à celles des terrains plutoniens proprements dits, dans lesquels on distingue une véritable stratification et où l'on rencontre quelquefois des corps organisés.

Ces terrains sont moins étendus à la surface de la terre que les terrains neptuniens; mais il paraît qu'ils se prolongent sous ces derniers, d'où l'on suppose qu'ils composent toute la partie inférieure de l'écorce du globe.

Il est plus difficile d'établir des **divisions** dans ces terrains que dans ceux de la série neptunienne; car, d'après ce que l'on vient de voir, on ne peut s'appuyer sur des caractères paléontologiques, et les caractères tirés de la position y sont moins distincts, puisqu'ils s'y réduisent ordinairement à la manière dont les filons se coupent entre eux, et aux liaisons qui s'établissent entre les dépôts neptuniens et les roches plutoniennes. D'un autre côté, ces dernières présentent fréquemment, dans une même masse, le passage d'une espèce de roche à une autre ou même à plusieurs autres espèces; cependant il paraît que, en considérant la chose d'une manière générale, on peut y reconnaître quelques distinctions minéralogiques qui sont en rapport avec les époques de formation; c'est ainsi que l'abondance des textures cristallines d'un côté,

(1) J'ai déjà eu l'occasion de faire connaître que cette dénomination est synonyme de *terrains ignés*, de *terrain non stratifiés ou massifs*, et que les terrains plutoniens forment, avec le groupe cristallophyllien, ce que l'on appelle *terrain de cristallisation*.

et celle des textures celluleuses et de l'aspect vitreux d'un autre côté, nous donnent une première division en deux ordres, que nous désignons par les noms de *terrains agalysiens* et de *terrains pyroïdes*.

1er *ORDRE*. — TERRAINS AGALYSIENS (1).

Caractères généraux. — Les terrains agalysiens se distinguent par leur tendance à former de grandes masses non stratifiées, qui se trouvent généralement en dessous des terrains neptuniens, ou des culots et des dykes, qui s'intercalent dans les terrains neptuniens, surtout dans ceux des groupes inférieurs, avec lesquels les terrains agalysiens se lient souvent d'une manière très intime.

Division. — Nous divisons ces terrains en quatre groupes que nous désignons par les épithètes de *granitique*, *porphyrique*, *ophiolitique* et *trappéen*. Mais ces divisions, ainsi que leur nom l'indique, sont plutôt fondées sur des caractères minéralogiques que sur des considérations géognostiques. D'un autre côté, leurs liaisons sont si intimes, le passage de l'une à l'autre est si fréquent qu'il est presque impossible de tirer des lignes de démarcation entre elles et que l'on n'oserait assurer qu'elles correspondent à des époques différentes de formation; cependant il paraît que le terrain granitique est en général antérieur aux trois autres.

1er *Sous-ordre*. — **Terrain granitique.**

Caractères principaux. — Le terrain granitique est principalement caractérisé par la prédominance du granite et de la texture granitoïde, ainsi que par sa disposition en masses non stratifiées.

Caractères géographiques. — Il est très répandu à la surface du globe, et forme quelquefois des massifs considérables, mais il se présente plus souvent sous la forme d'îlots intercalés dans le gneiss, ainsi que dans quelques lieux isolés où la continuité des terrains neptuniens qui le recouvrent est interrompue.

La solidité et l'altérabilité des roches qui composent le terrain grani-

(1) Cet ordre se compose, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, des dépôts d'origine plutonienne, compris dans les *terrains primitifs* et de *transition* des auteurs du commencement de ce siècle; mais aucune de ces deux dénominations ne s'associant avec la division que j'ai adoptée, j'ai cru pouvoir prendre celle de *terrains agalysiens* (*dissous*), qu'Al. Brongniart a employée, en 1827, pour désigner une coupe qui comprenait tous les dépôts qui font le sujet du présent article. Toutefois, je ne dois pas laisser ignorer que, dans son travail de 1829, Brongniart avait restreint ses terrains agalysiens à mon terrain cristallophyllien; mais il m'a paru que cette dénomination s'applique mieux à la subdivision principale de son groupe agalysien primitif.

tique étant très variables, il en résulte aussi des différences dans les formes extérieures des contrées où ce terrain domine; en général, les pays granitiques présentent de petites montagnes à croupes arrondies. Les vallées y sont cependant quelquefois très profondes et bordées d'escarpements; mais ces circonstances y sont plus rares que dans la plupart des contrées primaires et secondaires.

Les contrées granitiques sont, en général, peu propres à la culture, et, lorsque les roches granitiques n'y sont pas recouvertes de dépôts d'autre nature, elles ont beaucoup de tendance à se refuser à la production du froment et à celle de la vigne.

La **composition** du terrain granitique est beaucoup plus simple et beaucoup moins variable que celle des autres groupes que nous venons d'examiner : nous pourrions presque dire que ce terrain est exclusivement composé de granite, si nous laissions à ce nom de roche toute l'étendue qu'on lui donnait dans le siècle dernier, c'est à dire si nous l'appliquions à toutes les roches feldspathiques qui ont la texture granitoïde. Mais, d'après la nomenclature que nous avons adoptée, la composition du terrain granitique est plus compliquée, car, indépendamment du véritable granit, c'est à dire de la roche granitoïde composée de feldspaths, de quartz et de micas, qui est en général la plus abondante, on y trouve encore plusieurs autres associations minérales, auxquelles nous donnons des noms particuliers; c'est ainsi que, s'il s'y joint de l'amphibole ou des silicates magnésiques, on a de la syénite ou de la protogine; si les micas disparaissent, on a de la pegmatite; si les feldspaths, qui dominent dans ces diverses combinaisons, perdent leur texture lamellaire pour prendre une texture grenue ou compacte, ou si d'autres substances deviennent dominantes, on a du leptynite, de l'eurite, du diorite, du porphyre, etc. Enfin, si les substances composantes éprouvent de l'altération, elles donnent naissance à des matières qui reçoivent quelquefois des noms particuliers : tel est le kaolin, qui paraît n'être qu'une pegmatite décomposée.

Les limites du terrain granitique sont très difficiles à établir, à cause de ses **liaisons avec d'autres dépôts** : nous avons déjà fait remarquer ses rapports avec le système du gneiss, ainsi qu'avec les arkoses des terrains permien et jurassique: mais c'est surtout avec le terrain porphyrique que la liaison est la plus intime, car il y a entre ces dépôts non seulement des ressemblances de composition ou des intercalations alternatives de masses, mais une pénétration dans les masses mêmes, et l'on voit très souvent des masses de granit qui sont traversées par des filons, des veines ou des noyaux de matières qui ressemblent

à celles qui dominent dans le terrain porphyrique et qui se lient de la manière la plus intime avec le granit. Or, soit que l'on considère ces matières comme de simples accidents du terrain granitique, soit que l'on y voie des filons de terrain porphyrique introduits dans le terrain granitique, elles n'en constituent pas moins des rapports très remarquables entre les masses à texture porphyroïde et celles à texture granitoïde.

D'un autre côté, si le granit est traversé par de nombreux filons porphyriques, il y a aussi des filons granitiques qui traversent d'autres terrains. On n'est pas encore absolument d'accord sur le terme où s'arrêtent ces filons; mais leur existence dans les terrains primaires est un fait maintenant bien constaté. On n'est pas non plus d'accord sur les relations de position du terrain granitique. Il n'y a pas très longtemps que l'on croyait que le granit était toujours inférieur à tous les autres dépôts, et il est certain, en effet, que cette disposition se remarque dans le plus grand nombre des localités où l'on aperçoit la jonction du granit avec d'autres roches; mais on voit à Weinbohla en Saxe le granit reposer sur le terrain crétacé, et il y a en Toscane des filons de granit tourmalinifère intercalés dans des dépôts de l'époque éocène. Toutefois ces faits étant en quelque manière exceptionnels, on est porté à voir dans le premier le résultat d'un renversement accidentel et à considérer les filons de granit tourmalinifère comme appartenant aux terrains porphyrique ou trachytique plutôt qu'au terrain granitique (1).

On a établi dans le terrain granitique des **subdivisions** fondées soit sur la nature, soit sur l'âge des masses; mais ces distinctions, qui présentent beaucoup d'intérêt pour les descriptions locales, n'ont pas pris jusqu'à présent un caractère de généralité qui nous permette de nous en occuper ici.

Nous avons déjà indiqué que le terrain granitique présente une grande variation sous le rapport de la manière dont il a résisté aux causes qui tendent à l'altérer. Les parties de ce terrain qui sont au jour, et surtout celles qui forment le sommet des plateaux, sont ordinairement friables ou même meubles, et on voit la roche devenir plus cohérente à mesure que l'on s'enfonce. Ce sont surtout les feldspaths qui ont éprouvé cette **altération**, le quartz et les micas conservant mieux leurs caractères

(1) L'idée d'admettre l'existence d'un véritable granit dans le terrain trachytique paraît au premier aperçu assez hasardée, cependant on ne peut disconvenir qu'il n'y ait des rapports de composition entre les roches granitiques et trachytiques, puisque ce sont les feldspaths qui dominent dans les unes et dans les autres. On pourrait même dire qu'en faisant abstraction de l'époque de formation et du mode de gisement, la différence principale entre ces deux groupes ne consiste que dans l'aspect souvent vitreux des roches trachytiques, circonstance qui paraît n'être due qu'à un refroidissement plus rapide.

propres. D'autres fois les parties altérées forment des espèces de bandes qui s'enfoncent dans le granit, et l'on a remarqué que dans les Vosges ces bandes sont ordinairement traversées dans leur milieu par des filons d'une roche que les mineurs du pays nomment *minette* et que nous rapportons à la fraidronite. Du reste, l'altération que présente ordinairement le granit des plateaux ne s'étend pas uniformément sur toute la masse ; car on trouve souvent au milieu des parties passées à l'état meuble, d'autres qui ont conservé toute leur cohérence. Ces portions solides ont ordinairement des formes arrondies, et ressemblent aux nombreux blocs qui non seulement couvrent ordinairement le sol des contrées granitiques et encombrent leurs vallées, mais qui s'étendent aussi jusqu'à des distances considérables, ainsi que nous l'avons dit en parlant des blocs erratiques. Indépendamment de ces parties, qui paraissent devoir leur conservation à leur nature intime, il est à remarquer encore que les roches granitiques, qui se présentent dans les escarpements, sont généralement moins altérées, et sont plus cohérentes que celles qui se trouvent sur les plateaux. Du reste, les roches granitiques, prises dans des lieux convenables, sont d'une solidité remarquable, et l'on voit dans nos capitales des obélisques faits en Égypte, il y a plus de trois mille ans, et qui depuis lors sont exposés aux injures du temps, sans avoir éprouvé d'altération sensible. Cet exemple suffit pour faire sentir les avantages que les arts peuvent retirer de l'emploi des roches granitiques, d'autant plus que leur structure massive permet d'y tailler des morceaux dont le volume n'a d'autres limites que celles des forces que l'industrie humaine peut employer pour les mettre en mouvement.

Le terrain granitique renferme beaucoup de **minéraux** particuliers, qui s'y trouvent soit **disséminés**, soit en veines dans les roches granitiques. Ces minéraux y sont cependant moins abondants que dans le terrain cristallophyllien ; les **gîtes métallifères** y sont surtout beaucoup plus rares et s'y présentent en veines ou petits filons, souvent intimement liés avec les roches ; ils sont quelquefois très bien réglés, mais ordinairement peu puissants. Les métaux les plus communs dans le granit sont le titane, l'étain, l'urane, l'arsenic, le molybdène, le scheelin ; tandis que l'or, le cuivre et les pyrites y sont très rares.

2e *Sous-ordre*. — **Terrain porphyrique.**

Le terrain porphyrique se distingue du terrain granitique par la fréquence de la texture porphyroïde et par sa tendance à former des dykes et des culots qui traversent d'autres dépôts.

Il est principalement composé de porphyres, on y trouve aussi de l'eurite, du leptynite, de l'argilophyre, de la syénite, du diorite et d'autres roches.

Les dykes et les culots porphyriques traversent les terrains granitiques, primaires et secondaires. Ils se lient si intimement avec le granit qu'il est extrêmement difficile, ainsi que nous l'avons déjà dit, de tirer la ligne de démarcation. C'est surtout par la syénite que le passage a lieu et il y a un rapport tout particulier entre la syénite rouge et le porphyre rouge quartzifère qui est le type du terrain porphyrique; aussi est-il rare que l'on voie une de ces roches sans rencontrer l'autre. Il y a aussi des liaisons entre le terrain porphyrique et les terrains primaires, lesquels, dans le voisinage des porphyres, participent souvent de la nature de ces derniers; c'est ainsi que l'on voit le gneiss et le micaschiste passer à l'eurite et au leptynite et que les roches schisteuses et calcareuses s'imprègnent de feldspath et d'amphibole. Ces liaisons ont rarement lieu pour les porphyres qui traversent les terrains secondaires. Cependant on a vu ci-dessus que la base du terrain pénéen est quelquefois presque entièrement composée de fragments de porphyres.

On cite un grand nombre de mines de métaux précieux comme existant dans le terrain porphyrique, mais la plupart de ces mines se trouvent dans des diorites, et l'état actuel des observations ne permettant pas de dire qu'une partie de ces diorites ne devraient pas se ranger dans le terrain trappéen, nous devons être plus réservé à ce sujet. D'un autre côté, il est à remarquer que la plupart des métaux que l'on dit appartenir aux terrains porphyrique et trappéen se trouvent plus souvent dans des filons qui traversent ces dépôts qu'intercalés directement dans les roches porphyriques et trappéennes.

3e *Sous-ordre.* — **Terrain ophiolitique.**

Le terrain ophiolitique est, comme sa dénomination l'indique, caractérisé par la présence des ophiolites, roches plus connues sous le nom de *serpentines*, et les motifs qui nous ont rendu circonspect dans l'indication de roches qui entrent dans la composition du terrain porphyrique, se représentent avec plus de force pour le terrain ophiolitique. Nous ne pouvons, en quelque manière, citer avec assurance, outre l'ophiolite, que le granitone, qui est un compagnon assez fidèle de l'ophiolite et se trouve absolument dans la même position. Il est probable aussi que plusieurs roches amphiboliques sont dans le même cas, car M. Maccul-

loch (1) a observé, à Clunie dans le Perthshire en Écosse, un dyke, formé de diorite lorsqu'il traverse des roches schisteuses, et passant à l'ophiolite lorsqu'il entre dans les roches calcareuses. C'est aussi avec le terrain ophiolitique que se trouvent souvent associées les dolomies, les ophicalces, les cipolins et les autres roches calcareuses que l'on considère comme métamorphiques.

Le gisement du terrain ophiolitique a beaucoup de rapports avec celui du terrain porphyrique; mais il forme plus rarement des culots, est plus souvent en dykes, et s'étend jusque dans les terrains tertiaires. D'un autre côté, les ophiolites paraissent en général ne traverser le terrain granitique que d'une manière tout à fait mécanique, et se lier, au contraire, si intimement avec les stéaschistes et les calcaires cristallophylliens, qu'on les considère quelquefois comme subordonnées à ces deux systèmes et que la plupart des roches qui composent ceux-ci pourraient être envisagées comme des schistes, des quartz et des calcaires plus ou moins imprégnés de l'élément principal des ophiolites, c'est à dire de combinaisons à bases de magnésie.

Le sol formé par les roches ophiolitiques est remarquable par son aridité et par son aspect de désolation, ainsi qu'on peut le remarquer dans certaines parties des Apennins de la Ligurie.

4e *Sous-ordre.* — **Terrain trappéen** (2).

Le groupe que nous désignons par l'épithète de trappéen est principalement composé de roches pyroxéniques, telles que mélaphyre, trapp, spilite, vake, et si l'on pouvait dire qu'il ne contient pas des roches amphiboliques, c'est à dire de diorite et d'aphanite, on aurait un bon moyen de le distinguer du terrain porphyrique avec lequel il paraît se confondre, mais on manque d'observations suffisantes faites dans cette direction d'idées.

Le terrain trappéen a aussi beaucoup de rapports avec le terrain basaltique dont il est quelquefois très difficile de le distinguer. Il forme des dykes et des culots qui traversent tous les terrains jusques et compris les

(1) *Brewster's Edinburgh Journal of sciences*, vol. I, pag. 1.

(2) J'avais désigné ce groupe dans mes éditions antérieures à 1852, par la dénomination de *terrain porphyrique noir* que j'ai cru devoir remplacer par l'épithète de trappéen qui rappelle la roche à laquelle je conserve le nom suédois de Trapp et qui figure dans la Géognosie de Werner et dans celle actuelle des Anglais, mais je dois prévenir que la *formation trappéenne* de Werner, ainsi que les *trapps* des auteurs anglais, ont plus d'extension que je n'en donne ici au terrain trappéen.

terrains tertiaires. Il renferme une grande
minés, surtout des zéolites, des agates, des
minerais métalliques, tels sont les riches
nous avons déjà fait remarquer qu'il est
rencontrent dans des filons qui traversent les
calés directement dans ceux-ci.

Le sol formé par les dépôts trappéens est
la culture que celui des derniers groupes
cause de la nature des matières terreuses qui
position, mais celles de leurs roches qui ont
sentent des rochers aussi saillants, des flancs
phyres; c'est à la fraîcheur que conservent les
trapps que ceux-ci doivent leur nom qui signifie

2ᵉ ORDRE. — TERRAINS

Quoique les terrains pyroïdes renferment
cristallines, les textures massives et cell
que dans les terrains agalysiens; ils nous
pierreuses qui ont été fondues dans nos
comme le terrain granitique, des
étendue, mais on les voit principalement
dykes et de coulées, qui ne s'étendent
terre, mais qui s'enchevêtrent plus ou
sans exception, et qui paraissent
plus inférieures de l'écorce solide
dans le voisinage de ces dykes
ches (2), ou des amas plus ou
étendus.

(1) Ces dépôts sont souvent dési
que les plus anciens ont une origine
modernes, il m'a semblé convenable
réserver celle de terrain volcanique
destinée à rappeler que ces dépôts
minérales qui ont subi l'action du

(2) Si l'on s'en tenait à la rigueur
dans les terrains neptuniens.
basaltique et volcanique, les
analogues à celles qui compo
est justifié tant par la nature
éjaculées à peu près simulta
contradiction avec un autre

Nous divisons ces terrains en trois groupes, qui tirent leurs caractères distinctifs de la prédominance respective des trachytes, des basaltes et des téphrines, et que nous désignons par les épithètes de *trachytique*, *basaltique* et *volcanique*.

1er *Sous-ordre.* — **Terrain trachytique.**

Caractères généraux. — Le terrain trachytique est principalement caractérisé par l'éclat vitreux d'une partie des roches qui le composent, et par sa tendance à former des montagnes coniques; mais il se lie si intimement avec les terrains volcanique, basaltique et porphyrique, qu'il est souvent très difficile de le distinguer de ces groupes. Il forme ordinairement des massifs de montagnes coniques, dont les cimes atteignent quelquefois une hauteur considérable; il paraît, notamment, qu'une partie des cimes des Andes appartiennent à ce terrain.

En considérant les roches qui le composent sous le rapport de leur texture, on peut les diviser en deux systèmes : l'un composé de roches massives et cristallines; l'autre de roches conglomérées et meubles.

Les **roches massives et cristallines** du terrain trachytique forment ordinairement des culots et des dykes et consistent principalement en trachyte, en domite, en phonolite, en perlite, en obsidienne et en ponce; il paraît que l'on y trouve aussi de l'eurite, du porphyre, de l'argilophyre et peut-être même du granit (1). Du reste, il est très difficile de déterminer maintenant toutes les roches qui entrent dans la composition de ce terrain, parce que l'on n'est pas encore parvenu à établir, d'une manière bien tranchée, la séparation entre ce terrain et les groupes voisins, et que beaucoup d'observations, dont on est obligé de faire usage, remontent à des époques où l'on n'avait point établi de distinctions entre ces groupes.

Indépendamment de leur aspect vitreux, la plupart des roches trachytiques sont remarquables par une âpreté au toucher, qui est l'origine du nom que porte l'espèce principale. Ces roches ont beaucoup de ten-

presqu'entièrement composées de fragments porphyriques, mais cet usage se justifie aussi par la circonstance que ces roches à fragments porphyriques sont généralement moins indépendantes des terrains neptuniens que celles à fragments pyroïdes et qu'elles se lient intimement avec les poudingues et les grès qui les avoisinent. Il est à remarquer en outre que cet usage n'est ni aussi complet, ni aussi général que celui relatif aux terrains pyroïdes, car on admet souvent l'existence d'un *porphyre bréchiforme* (*trummer porphyr* des Allemands), qui pourrait bien a[illegible]ine analogue à celle des roches conglomérées des terrains pyroïdes.

(1) Voir la [illegible]

dance à prendre la texture porphyroïde, et renferment [illegible]
taux de diverse nature, qui prennent quelquefois [illegible]
sions. D'autres fois, ces roches ont la structure [illegible]
qu'on en a déjà désigné sous le nom de [illegible]
toides.

Les roches conglomérées et meubles [illegible]
forment ordinairement des couches et des amas [illegible]
trachytiques. Elles sont, en général, composées [illegible]
nature que les roches cristallines et massives [illegible]
souvent traversées par un grand nombre [illegible]
une apparence bréchiforme, que d'autres [illegible]
sent par une série de nuances à un état [illegible]
ces deux systèmes une liaison telle qu'il [illegible]
le point de séparation. Du reste, les roches [illegible]
trouvent de préférence à l'extérieur des [illegible]
qu'elles s'étendent au pied des montagnes [illegible]
dire, soit qu'elles forment des espèces [illegible]
autour de celles-ci.

La présence ou l'absence des [illegible]
trachytique est encore un fait [illegible]
prochements de ce terrain avec les [illegible]
considère cependant assez comm[illegible]
et de mercure du Mexique et de [illegible]
des amas dans le terrain trachyt[illegible]
dépôts appartinssent plutôt au [illegible]
s'y lient intimement avec le terr[illegible]

Les mêmes motifs laissent [illegible]
raux qui peuvent se trouver [illegible]
d'ailleurs que la liste de ces [illegible]
du terrain porphyrique ; cependant [illegible]
Parmi ces minéraux, on peut [illegible]
communes dans les trachytes [illegible]

2e Sous-ord[illegible]

Caractères généraux [illegible]
basaltique, c'est d'être [illegible]
quelquefois d'autres [illegible]
pépérine, de la vak[illegible]

tions coniques qui percent au milieu des autres terrains, et qui sont composées d'un assemblage de prismes de basaltes; il se trouve aussi en dykes, en couches, en amas et en coulées. Il recouvre rarement une grande étendue à lui seul, mais il est presque toujours intercalé dans les autres terrains en masses plus ou moins puissantes. Les couches et les amas forment souvent le sommet de plateaux, terminés par des flancs escarpés. Ces couches ou ces amas tiennent quelquefois à un culot dont elles composent le sommet, de sorte que l'ensemble de la masse ressemble à un champignon dont le culot serait le pied, et l'amas superficiel le chapeau. Mais c'est surtout par leur tendance à se subdiviser en prismes réguliers, que les dépôts basaltiques se font remarquer; et leurs escarpements, formés d'innombrables colonnes rangées symétriquement les unes à côté des autres, produisent quelquefois des effets qui, tout en donnant l'idée de monuments d'architecture, surpassent en magnificence tous les travaux des hommes. D'autres fois les tranches des prismes imitent des pavés, d'où l'on a appelé l'espace qu'ils recouvrent *Chaussée des géants*.

Les dykes basaltiques ressemblent souvent à des bancs subordonnés; aussi n'est-ce quelquefois qu'avec beaucoup de peine que l'on reconnaît qu'ils croisent les couches dans lesquelles ils sont intercalés. Ces dykes, étant plus résistants que les roches environnantes, se présentent comme des espèces de murs ou de chaussées.

Le terrain basaltique, considéré sous le rapport de la texture des roches qui le composent, peut, comme le terrain trachytique, se diviser en deux systèmes : celui des roches massives et cristallines, et celui des roches conglomérées et meubles.

Les **roches massives et cristallines** du terrain basaltique sont les plus abondantes et composent ordinairement les culots et les dykes. Le basalte, qui en est le membre principal, est, comme nous venons de le dire, communément divisé en prismes; mais il forme aussi des masses d'une étendue considérable, entièrement cohérentes; d'autres fois, il se divise en tables ou feuillets assez minces pour que l'on puisse les employer à couvrir les toits. Le basalte renferme ordinairement des cristaux de diverses substances, surtout du péridot, minéral que l'on a souvent considéré comme caractérisant le terrain basaltique et comme donnant un moyen de le distinguer des terrains porphyrique, trachytique et volcanique.

Le basalte passe quelquefois à la dolérite et au spilite; cependant, il serait possible que les spilites rapportés au terrain basaltique appartinssent plutôt au terrain trappéen.

On cite aussi, comme entrant encore dans la composition [illegible] basaltique, plusieurs roches feldspathiques, telles que le [illegible] perlite, l'obsidienne, le phonolite, la téphrine, etc.; mais ces [illegible] sont pas bien constatés, vu la grande liaison qui existe entre ce [illegible] et les terrains trachytique et volcanique.

Les **roches meubles et conglomérées** du terrain [illegible] forment ordinairement des couches ou des amas superficiels [illegible] des collines basaltiques, et sont rarement en dykes; elles se [illegible] principalement de pépérine, de vake et de fragments de [illegible], [illegible] conglomérés à la manière des brèches, soit libres.

Ces derniers affectent toutes sortes de formes, et notamment [illegible] boules. Ils ont souvent les textures bulleuses et scoriacées; [illegible] ordinairement des fragments de ce genre qui composent le [illegible] forme, lequel passe et se lie intimement au basalte massif; [illegible] celui-ci est traversé par de nombreuses fissures, il est souvent [illegible] le distinguer de celui-là. La pépérine basaltique est aussi [illegible] bréchiforme, d'autres fois elle est meuble, sa couleur [illegible] brun-jaunâtre; tandis que la pépérine volcanique est [illegible] ment grisâtre, noirâtre ou rougeâtre. Elle paraît [illegible] qu'un basalte altéré passant à la vake.

Le terrain basaltique a des **liaisons avec** tous [illegible] à l'exception des terrains modernes. Nous avons [illegible] liaisons étaient intimes avec les groupes qui [illegible] de notre tableau, mais elles ne sont que [illegible] groupes, c'est à dire que les dykes et les [illegible] seulement ces dépôts sans qu'il y ait réellement [illegible] sition, ci ce n'est que les roches meubles [illegible] basaltique se lient intimement avec les [illegible] sinent et renferment même des fossiles [illegible]

3e *Sous-ordre.* — Terrain [illegible]

Caractères généraux. — Le [illegible] nairement dans le voisinage des [illegible] de ressemblance avec ceux-ci, [illegible] tinguer; aussi cette distinction [illegible]

(1) C'est le *terrain lavique* des [illegible] tique dans la division du terrain [illegible]

circonstances plutôt que par des caractères positifs. Nous ne pourrions même, dans l'état actuel de la science, indiquer d'autre caractère exclusif que la liaison ou l'intercalation avec des terrains modernes. On peut dire aussi que la présence d'un *cratère*, c'est à dire d'un enfoncement en forme de bassin au sommet d'une élévation conique, est une circonstance caractéristique du terrain volcanique, et que dans aucun autre dépôt les roches n'ont autant de tendance à prendre la forme de coulées.

Les massifs volcaniques ont, en général moins d'étendue que ceux des terrains trachytique et basaltique, et, quoiqu'ils soient ordinairement disposés par groupes ou par chaînes, la continuation du terrain volcanique y est presque toujours interceptée, surtout par des dépôts basaltiques et trachytiques. Ils ont, ainsi que ces deux terrains, beaucoup de tendance à former des élévations coniques qui atteignent quelquefois une très grande hauteur, mais qui alors ont ordinairement pour base des dépôts trachytiques ou basaltiques; d'autres fois le terrain volcanique ne constitue que de petites éminences.

Les roches qui composent ce terrain peuvent, comme celles des terrains trachytique et basaltique, se diviser, sous le rapport de leur texture, en deux systèmes particuliers : l'un, composé de roches massives et cristallines; l'autre, de roches meubles et conglomérées.

Les premières, que l'on désigne ordinairement par le nom de **laves**, ont, assez généralement, la forme de coulées qui, le plus souvent, partent d'un point quelconque d'une élévation conique, et s'étendent plus ou moins loin en suivant la pente du sol; ces roches se trouvent aussi en fragments de diverses grosseurs. Elles ont ordinairement une texture celluleuse et renferment quelquefois une si grande quantité de cristaux qu'elles prennent la texture porphyroïde ou granitoïde. Parmi les cristaux on distingue beaucoup de minéraux qui n'ont été observés que dans ces roches. Du reste, la connaissance minéralogique des laves est encore peu avancée. Il n'y a pas très longtemps que l'on n'y voyait qu'une seule espèce; depuis lors on a cru pouvoir en distinguer plusieurs; nous n'en donnerons pas l'énumération, parce que les auteurs ont souvent confondu les terrains trachytique et basaltique avec le terrain volcanique et nous nous bornerons à citer la téphrine comme l'une des plus communes.

Les **roches conglomérées et meubles** du terrain volcanique forment des amas superficiels et des couches régulières ; elles composent le plus communément la majeure partie des élévations coniques surmontées par des cratères, et d'où partent les coulées de laves. Ces élévations

forment souvent comme une espèce de centre, d'où la puissance du terrain volcanique va toujours en diminuant, aussi, quand les dépôts volcaniques s'étendent à une certaine distance de ces élévations, ils ne forment ordinairement que des couches très minces. On remarque aussi que le volume des fragments qui composent ces dépôts va toujours en diminuant à partir de ces centres. Les dépôts qui en sont éloignés ne présentent en général, que des masses terreuses ou arénacées que l'on appelle vulgairement *cendres volcaniques*; tandis que dans le voisinage des cratères on voit une grande quantité de fragments d'un volume très considérable qui, en général, ont la forme et la structure celluleuse des scories qui se forment dans nos fourneaux.

On donne dans l'Amérique méridionale le nom de *moya* à un dépôt de ce genre, remarquable parce qu'il contient une assez grande quantité de charbon pour que les habitants du pays l'emploient comme combustible.

Indépendamment des **minéraux** ou des roches qui se [illegible] empâtés dans le terrain volcanique sous la forme de cristaux [illegible] ments, on en voit aussi assez souvent qui s'y trouvent [illegible] manière analogue aux dépôts **sublimés** qui se font dans [illegible] de nos fourneaux : ce sont notamment du soufre, du [illegible] marin, du salmiac, de la sassoline, etc.

Le terrain volcanique traverse et recouvre tous les [illegible] niens, mais il en est indépendant, et n'a de [illegible] les terrains modernes et peut-être avec les terrain [illegible] a dit cependant qu'il se liait aussi avec des dépô [illegible] circonstance est loin d'être constatée et il par [illegible] lesquels on a voulu l'appuyer se rapportent aux [illegible] trachytique.

LIVRE IV.

DE LA MÉTÉOROLOGIE.

L'étude des phénomènes qui se passent dans l'atmosphère peut être envisagée sous le rapport de la température de cette masse, de ses mouvements, des phénomènes aqueux, ainsi que de phénomènes lumineux qui s'y passent, et de son influence sur les mouvements du baromètre.

---

loch (1) a observé, à Clunie dans le Perthshire en Écosse, un dyke, formé de diorite lorsqu'il traverse des roches schisteuses, et passant à l'ophiolite lorsqu'il entre dans les roches calcareuses. C'est aussi avec le terrain ophiolitique que se trouvent souvent associées les dolomies, les ophicalces, les cipolins et les autres roches calcareuses que l'on considère comme métamorphiques.

Le gisement du terrain ophiolitique a beaucoup de rapports avec celui du terrain porphyrique; mais il forme plus rarement des culots, est plus souvent en dykes, et s'étend jusque dans les terrains tertiaires. D'un autre côté, les ophiolites paraissent en général ne traverser le terrain granitique que d'une manière tout à fait mécanique, et se lier, au contraire, si intimement avec les stéaschistes et les calcaires cristallophylliens, qu'on les considère quelquefois comme subordonnées à ces deux systèmes et que la plupart des roches qui composent ceux-ci pourraient être envisagées comme des schistes, des quartz et des calcaires plus ou moins imprégnés de l'élément principal des ophiolites, c'est à dire de combinaisons à bases de magnésie.

Le sol formé par les roches ophiolitiques est remarquable par son aridité et par son aspect de désolation, ainsi qu'on peut le remarquer dans certaines parties des Apennins de la Ligurie.

4ᵉ *Sous-ordre.* — **Terrain trappéen** (2).

Le groupe que nous désignons par l'épithète de trappéen est principalement composé de roches pyroxéniques, telles que mélaphyre, trapp, spilite, vake, et si l'on pouvait dire qu'il ne contient pas des roches amphiboliques, c'est à dire de diorite et d'aphanite, on aurait un bon moyen de le distinguer du terrain porphyrique avec lequel il paraît se confondre, mais on manque d'observations suffisantes faites dans cette direction d'idées.

Le terrain trappéen a aussi beaucoup de rapports avec le terrain basaltique dont il est quelquefois très difficile de le distinguer. Il forme des dykes et des culots qui traversent tous les terrains jusques et compris les

(1) *Brewster's Edinburgh Journal of sciences*, vol. I, pag. 1.

(2) J'avais désigné ce groupe dans mes éditions antérieures à 1852, par la dénomination de *terrain porphyrique noir* que j'ai cru devoir remplacer par l'épithète de trappéen qui rappelle la roche à laquelle je conserve le nom suédois de Trapp et qui figure dans la Géognosie de Werner et dans celle actuelle des Anglais, mais je dois prévenir que la *formation trappéenne* de Werner, ainsi que les *trapps* des auteurs anglais, ont plus d'extension que je n'en donne ici au terrain trappéen.

terrains tertiaires. Il renferme une grande quantité de minéraux disséminés, surtout des zéolites, des agates, des améthystes, ainsi que des minerais métalliques, tels sont les riches gîtes de cuivre du Canada, mais nous avons déjà fait remarquer qu'il est probable que ces minerais se rencontrent dans des filons qui traversent les trapps, plutôt qu'intercalés directement dans ceux-ci.

Le sol formé par les dépôts trappéens est ordinairement plus propre à la culture que celui des derniers groupes dont nous venons de parler, à cause de la nature des matières terreuses qui résultent de leur décomposition, mais celles de leurs roches qui ont conservé leur cohérence présentent des rochers aussi saillants, des flancs aussi escarpés que les porphyres; c'est à la fraîcheur que conservent les fractures des rochers de trapps que ceux-ci doivent leur nom qui signifie escalier.

2e *ORDRE*. — TERRAINS PYROÏDES (1).

Quoique les terrains pyroïdes renferment encore beaucoup de parties cristallines, les textures massives et celluleuses y sont plus abondantes que dans les terrains agalysiens; ils nous rappellent souvent les matières pierreuses qui ont été fondues dans nos fourneaux; ils ne présentent pas, comme le terrain granitique, des massifs qui recouvrent une grande étendue, mais on les voit principalement sous la forme de culots, de dykes et de coulées, qui ne s'étendent pas beaucoup à la surface de la terre, mais qui s'enchevêtrent plus ou moins dans tous les autres terrains sans exception, et qui paraissent se prolonger jusque dans les parties les plus inférieures de l'écorce solide du globe. D'autres fois, ils forment dans le voisinage de ces dykes et de ces coulées des nappes, des couches (2), ou des amas plus ou moins épais, mais généralement peu étendus.

(1) Ces dépôts sont souvent désignés par l'épithète de *volcaniques;* mais, comme il paraît que les plus anciens ont une origine un peu différente de celle des produits de nos volcans modernes, il m'a semblé convenable de chercher une dénomination commune qui permît de réserver celle de terrain volcanique à ces derniers produits, et j'ai adopté celle de *pyroïde,* destinée à rappeler que ces dépôts ont des caractères extérieurs qui les rapprochent des matières minérales qui ont subi l'action du feu.

(2) Si l'on s'en tenait à la rigueur des principes, tous les dépôts stratifiés devraient être rangés dans les terrains neptuniens, mais il est d'usage de laisser dans les terrains trachytique, basaltique et volcanique, les dépôts, meubles et conglomérés qui sont formés de substances analogues à celles qui composent les culots, les dykes et les coulées de ces terrains, et cet usage est justifié tant par la nature des dépôts, que par la circonstance que toutes ces matières ont été éjaculées à peu près simultanément de l'intérieur de la terre. Il y a toutefois une espèce de contradiction avec un autre usage qui consiste à laisser dans les terrains neptuniens des roches

Nous divisons ces terrains en trois groupes, qui tirent leurs caractères distinctifs de la prédominance respective des trachytes, des basaltes et des téphrines, et que nous désignons par les épithètes de *trachytique*, *basaltique* et *volcanique*.

1er *Sous-ordre.* — **Terrain trachytique.**

Caractères généraux. — Le terrain trachytique est principalement caractérisé par l'éclat vitreux d'une partie des roches qui le composent, et par sa tendance à former des montagnes coniques ; mais il se lie si intimement avec les terrains volcanique, basaltique et porphyrique, qu'il est souvent très difficile de le distinguer de ces groupes. Il forme ordinairement des massifs de montagnes coniques, dont les cimes atteignent quelquefois une hauteur considérable ; il paraît, notamment, qu'une partie des cimes des Andes appartiennent à ce terrain.

En considérant les roches qui le composent sous le rapport de leur texture, on peut les diviser en deux systèmes : l'un composé de roches massives et cristallines ; l'autre de roches conglomérées et meubles.

Les **roches massives et cristallines** du terrain trachytique forment ordinairement des culots et des dykes et consistent principalement en trachyte, en domite, en phonolite, en perlite, en obsidienne et en ponce; il paraît que l'on y trouve aussi de l'eurite, du porphyre, de l'argilophyre et peut-être même du granit (1). Du reste, il est très difficile de déterminer maintenant toutes les roches qui entrent dans la composition de ce terrain, parce que l'on n'est pas encore parvenu à établir, d'une manière bien tranchée, la séparation entre ce terrain et les groupes voisins, et que beaucoup d'observations, dont on est obligé de faire usage, remontent à des époques où l'on n'avait point établi de distinctions entre ces groupes.

Indépendamment de leur aspect vitreux, la plupart des roches trachytiques sont remarquables par une âpreté au toucher, qui est l'origine du nom que porte l'espèce principale. Ces roches ont beaucoup de ten-

presqu'entièrement composées de fragments porphyriques, mais cet usage se justifie aussi par la circonstance que ces roches à fragments porphyriques sont généralement moins indépendantes des terrains neptuniens que celles à fragments pyroïdes et qu'elles se lient intimement avec les poudingues et les grès qui les avoisinent. Il est à remarquer en outre que cet usage n'est ni aussi complet, ni aussi général que celui relatif aux terrains pyroïdes, car on admet souvent l'existence d'un *porphyre bréchiforme* (*trummer porphyr* des Allemands), qui pourrait bien avoir une origine analogue à celle des roches conglomérées des terrains pyroïdes.

(1) Voir la note p. 327.

dance à prendre la texture porphyroïde, et renferment souvent des cristaux de diverse nature, qui prennent quelquefois de très grandes dimensions. D'autres fois, ces roches ont la structure granitoïde, à tel point qu'on en a déjà désigné sous le nom de *granit* et de *laves granitoïdes*.

Les **roches conglomérées et meubles** du terrain trachytique forment ordinairement des couches et des amas au pied des montagnes trachytiques. Elles sont, en général, composées de fragments de même nature que les roches cristallines et massives; et, comme celles-ci sont souvent traversées par un grand nombre de fissures qui leur donnent une apparence bréchiforme, que d'autres fois les roches cohérentes passent par une série de nuances à un état tout à fait meuble, il y a entre ces deux systèmes une liaison telle qu'il est souvent impossible d'établir le point de séparation. Du reste, les roches meubles et conglomérées se trouvent de préférence à l'extérieur des grands dépôts trachytiques, soit qu'elles s'étendent au pied des montagnes, comme nous venons de le dire, soit qu'elles forment des espèces d'enveloppes ou de manteaux autour de celles-ci.

La présence ou l'absence des **gîtes métallifères** dans le terrain trachytique est encore un fait douteux, à cause des liaisons et des rapprochements de ce terrain avec les terrains porphyrique et trappéen. On considère cependant assez communément quelques mines d'or, d'argent et de mercure du Mexique et de la Hongrie, comme formant des filons et des amas dans le terrain trachytique. Mais il serait très possible que ces dépôts appartinssent plutôt aux terrains porphyrique et trappéen qui s'y lient intimement avec le terrain trachytique.

Les mêmes motifs laissent aussi des incertitudes sur les autres **minéraux** qui peuvent se trouver **disséminés** dans ce terrain. Il paraît d'ailleurs que la liste de ces minéraux se rapproche de celle des minéraux du terrain porphyrique; cependant il semble qu'elle est moins nombreuse. Parmi ces minéraux, on peut citer les opales qui sont notamment très communes dans les trachytes de Hongrie.

2e *Sous-ordre*. — **Terrain basaltique.**

Caractères généraux. Le caractère le plus marqué du terrain basaltique, c'est d'être principalement composé de basalte, accompagné quelquefois d'autres roches pyroxéniques, telles que de la dolérite, de la pépérine, de la vake, etc. Il forme ordinairement des culots ou éléva-

tions coniques qui percent au milieu des autres terrains, et qui sont composées d'un assemblage de prismes de basaltes; il se trouve aussi en dykes, en couches, en amas et en coulées. Il recouvre rarement une grande étendue à lui seul, mais il est presque toujours intercalé dans les autres terrains en masses plus ou moins puissantes. Les couches et les amas forment souvent le sommet de plateaux, terminés par des flancs escarpés. Ces couches ou ces amas tiennent quelquefois à un culot dont elles composent le sommet, de sorte que l'ensemble de la masse ressemble à un champignon dont le culot serait le pied, et l'amas superficiel le chapeau. Mais c'est surtout par leur tendance à se subdiviser en prismes réguliers, que les dépôts basaltiques se font remarquer; et leurs escarpements, formés d'innombrables colonnes rangées symétriquement les unes à côté des autres, produisent quelquefois des effets qui, tout en donnant l'idée de monuments d'architecture, surpassent en magnificence tous les travaux des hommes. D'autres fois les tranches des prismes imitent des pavés, d'où l'on a appelé l'espace qu'ils recouvrent *Chaussée des géants*.

Les dykes basaltiques ressemblent souvent à des bancs subordonnés; aussi n'est-ce quelquefois qu'avec beaucoup de peine que l'on reconnaît qu'ils croisent les couches dans lesquelles ils sont intercalés. Ces dykes, étant plus résistants que les roches environnantes, se présentent comme des espèces de murs ou de chaussées.

Le terrain basaltique, considéré sous le rapport de la texture des roches qui le composent, peut, comme le terrain trachytique, se diviser en deux systèmes : celui des roches massives et cristallines, et celui des roches conglomérées et meubles.

Les **roches massives et cristallines** du terrain basaltique sont les plus abondantes et composent ordinairement les culots et les dykes. Le basalte, qui en est le membre principal, est, comme nous venons de le dire, communément divisé en prismes; mais il forme aussi des masses d'une étendue considérable, entièrement cohérentes; d'autres fois, il se divise en tables ou feuillets assez minces pour que l'on puisse les employer à couvrir les toits. Le basalte renferme ordinairement des cristaux de diverses substances, surtout du péridot, minéral que l'on a souvent considéré comme caractérisant le terrain basaltique et comme donnant un moyen de le distinguer des terrains porphyrique, trachytique et volcanique.

Le basalte passe quelquefois à la dolérite et au spilite; cependant, il serait possible que les spilites rapportés au terrain basaltique appartinssent plutôt au terrain trappéen.

On cite aussi, comme entrant encore dans la composition du terrain basaltique, plusieurs roches feldspathiques, telles que le trachyte, la perlite, l'obsidienne, le phonolite, la téphrine, etc.; mais ces faits ne sont pas bien constatés, vu la grande liaison qui existe entre ce groupe et les terrains trachytique et volcanique.

Les **roches meubles et conglomérées** du terrain basaltique forment ordinairement des couches ou des amas superficiels autour des collines basaltiques, et sont rarement en dykes; elles se composent principalement de pépérine, de vake et de fragments de basalte, soit conglomérés à la manière des brèches, soit libres.

Ces derniers affectent toutes sortes de formes, et notamment celles de boules. Ils ont souvent les textures bulleuses et scoriacées; ce sont ordinairement des fragments de ce genre qui composent le basalte bréchiforme, lequel passe et se lie intimement au basalte massif; car, lorsque celui-ci est traversé par de nombreuses fissures, il est souvent difficile de le distinguer de celui-là. La pépérine basaltique est aussi ordinairement bréchiforme, d'autres fois elle est meuble, sa couleur est souvent le brun-jaunâtre; tandis que la pépérine volcanique est plus communément grisâtre, noirâtre ou rougeâtre. Elle paraît n'être quelquefois qu'un basalte altéré passant à la vake.

Le terrain basaltique a des **liaisons avec** tous **les autres dépôts**, à l'exception des terrains modernes. Nous avons déjà indiqué que ces liaisons étaient intimes avec les groupes qui l'avoisinent dans l'ordre de notre tableau, mais elles ne sont que mécaniques avec les autres groupes, c'est à dire que les dykes et les culots basaltiques traversent seulement ces dépôts sans qu'il y ait réellement de passage de composition, ci ce n'est que les roches meubles ou conglomérées du terrain basaltique se lient intimement avec les dépôts tertiaires qui les avoisinent et renferment même des fossiles analogues à ceux de ces dépôts.

3e *Sous-ordre.* — **Terrain volcanique** (1).

Caractères généraux. —Le terrain volcanique, qui se trouve ordinairement dans le voisinage des terrains trachytique et basaltique, a tant de ressemblance avec ceux-ci, qu'il est souvent très difficile de les distinguer; aussi cette distinction doit-elle se faire par un ensemble de

(1) C'est le *terrain lavique* des auteurs qui comprennent les terrains basaltique et trachytique dans la division du terrain volcanique.

circonstances plutôt que par des caractères positifs. Nous ne pourrions même, dans l'état actuel de la science, indiquer d'autre caractère exclusif que la liaison ou l'intercalation avec des terrains modernes. On peut dire aussi que la présence d'un *cratère*, c'est à dire d'un enfoncecement en forme de bassin au sommet d'une élévation conique, est une circonstance caractéristique du terrain volcanique, et que dans aucun autre dépôt les roches n'ont autant de tendance à prendre la forme de coulées.

Les massifs volcaniques ont, en général moins d'étendue que ceux des terrains trachytique et basaltique, et, quoiqu'ils soient ordinairement disposés par groupes ou par chaînes, la continuation du terrain volcanique y est presque toujours interceptée, surtout par des dépôts basaltiques et trachytiques. Ils ont, ainsi que ces deux terrains, beaucoup de tendance à former des élévations coniques qui atteignent quelquefois une très grande hauteur, mais qui alors ont ordinairement pour base des dépôts trachytiques ou basaltiques; d'autres fois le terrain volcanique ne constitue que de petites éminences.

Les roches qui composent ce terrain peuvent, comme celles des terrains trachytique et basaltique, se diviser, sous le rapport de leur texture, en deux systèmes particuliers : l'un, composé de roches massives et cristallines; l'autre, de roches meubles et conglomérées.

Les premières, que l'on désigne ordinairement par le nom de **laves**, ont, assez généralement, la forme de coulées qui, le plus souvent, partent d'un point quelconque d'une élévation conique, et s'étendent plus ou moins loin en suivant la pente du sol; ces roches se trouvent aussi en fragments de diverses grosseurs. Elles ont ordinairement une texture celluleuse et renferment quelquefois une si grande quantité de cristaux qu'elles prennent la texture porphyroïde ou granitoïde. Parmi les cristaux on distingue beaucoup de minéraux qui n'ont été observés que dans ces roches. Du reste, la connaissance minéralogique des laves est encore peu avancée. Il n'y a pas très longtemps que l'on n'y voyait qu'une seule espèce; depuis lors on a cru pouvoir en distinguer plusieurs; nous n'en donnerons pas l'énumération, parce que les auteurs ont souvent confondu les terrains trachytique et basaltique avec le terrain volcanique et nous nous bornerons à citer la téphrine comme l'une des plus communes.

Les **roches conglomérées et meubles** du terrain volcanique forment des amas superficiels et des couches régulières ; elles composent le plus communément la majeure partie des élévations coniques surmontées par des cratères, et d'où partent les coulées de laves. Ces élévations

forment souvent comme une espèce de centre, d'où la puissance du terrain volcanique va toujours en diminuant, aussi, quand les dépôts volcaniques s'étendent à une certaine distance de ces élévations, ils ne forment ordinairement que des couches très minces. On remarque aussi que le volume des fragments qui composent ces dépôts va toujours en diminuant à partir de ces centres. Les dépôts qui en sont éloignés ne présentent en général, que des masses terreuses ou arénacées que l'on appelle vulgairement *cendres volcaniques*; tandis que dans le voisinage des cratères on voit une grande quantité de fragments d'un volume très considérable qui, en général, ont la forme et la structure celluleuse des scories qui se forment dans nos fourneaux.

On donne dans l'Amérique méridionale le nom de *moya* à un dépôt de ce genre, remarquable parce qu'il contient une assez grande quantité de charbon pour que les habitants du pays l'emploient comme combustible.

Indépendamment des **minéraux** ou des roches qui se trouvent empâtés dans le terrain volcanique sous la forme de cristaux et de fragments, on en voit aussi assez souvent qui s'y trouvent disposés d'une manière analogue aux dépôts **sublimés** qui se font dans les cheminées de nos fourneaux : ce sont notamment du soufre, du réalgar, du sel marin, du salmiac, de la sassoline, etc.

Le terrain volcanique traverse et recouvre tous les terrains neptuniens, mais il en est indépendant, et n'a de **liaisons** réelles qu'avec les terrains modernes et peut-être avec les terrains quaternaires. On a dit cependant qu'il se liait aussi avec des dépôts tertiaires, mais cette circonstance est loin d'être constatée et il paraît que les faits sur lesquels on a voulu l'appuyer se rapportent aux terrains basaltique ou trachytique.

LIVRE IV.

DE LA MÉTÉOROLOGIE.

L'étude des phénomènes qui se passent dans l'atmosphère peut être envisagée sous le rapport de la température de cette masse, de ses mouvements, des phénomènes aqueux, ainsi que de phénomènes lumineux qui s'y passent, et de son influence sur les mouvements du baromètre.

CHAPITRE Ier.

DE LA TEMPÉRATURE DE L'ATMOSPHÈRE.

Variations de la température. — Sans nous occuper ici des lois générales de la chaleur qui sont censées connues par l'étude de la physique, nous dirons que la température de l'atmosphère présente, selon les temps et les lieux, des *variations* dont les unes peuvent être considérées comme *générales* et les autres comme *particulières* à certaines localités.

Les premières, qui se rapportent à la position des lieux par rapport au soleil et à leur altitude, seraient régulières et susceptibles d'un calcul rigoureux si elles n'étaient toujours plus ou moins modifiées par les secondes : on peut les distinguer en *variations diurnes*, *variations annuelles*, *variations de latitude* et *variations d'altitude*. De leur côté, les *variations particulières* peuvent se subdiviser en *permanentes* et en *momentanées*, selon qu'elles agissent constamment sur une même localité, ou selon qu'elles n'agissent que momentanément.

Les **variations diurnes** consistent dans la tendance qu'à la température de la couche d'air qui avoisine le sol dans un même lieu à s'élever depuis le lever du soleil jusque vers deux heures après midi en hiver ou trois heures en été, et à s'abaisser depuis ce moment jusque vers le lever du soleil. On appelle *température moyenne de la journée* celle que l'on obtiendrait en ajoutant les températures de tous les instants de la journée, et en divisant la somme par le nombre des instants. Mais, comme cette manière d'opérer serait impossible dans la pratique, on a cherché les moyens de la simplifier, et on a reconnu que l'on obtenait le

même résultat en prenant le terme moyen de trois observations faites au lever du soleil, à deux heures après midi et au coucher du soleil. On a remarqué aussi que la température de neuf heures du matin, ainsi que la demi-somme des températures de deux heures du même nom, diffèrent très peu de la température moyenne de la journée.

Les variations annuelles sont celles qui font que la température d'un lieu est plus chaude en été qu'en hiver.

On appelle *température moyenne de l'année* le terme moyen entre les températures moyennes de tous les jours de l'année, et on entend par *température moyenne d'un lieu* le terme moyen entre la température moyenne du plus grand nombre d'années que l'on a pu recueillir, ce qui doit s'entendre de la température de la partie de l'atmosphère qui touche le sol, les observations ordinaires se faisant toujours dans l'air.

On a aussi remarqué que, dans l'hémisphère boréal, la température moyenne du mois d'octobre, ou la demi-somme des températures moyennes des mois d'avril et d'octobre, diffère très peu de la température moyenne de toute l'année.

Variations de latitude. — La température moyenne des lieux situés à une même élévation va toujours, sauf les modifications résultant des variations particulières, en diminuant de l'équateur aux pôles de la terre. On peut évaluer la température moyenne de la couche d'air qui touche la surface de la terre, prise au niveau de la mer, à 27° 5′ du thermomètre centésimal sous l'équateur, à 26° sous le 20e degré, de latitude boréale, à 12° sous le 45e dégré, à zéro sous le 66e degré aussi de latitude boréale. La diminution continue en s'avançant vers les pôles; mais, d'après les calculs de Fourier, elle ne doit s'abaisser tout au plus qu'à 40° au dessous de zéro. D'autres calculs ont même porté à croire que la température moyenne ne devait pas s'abaisser à plus de 20 degrés au dessous de zéro.

Il résulte de la combinaison des variations générales et particulières qu'en ramenant par le calcul les températures moyennes des divers points de la terre à celles d'une même altitude, les températures égales ne correspondent pas exactement avec les mêmes latitudes; mais les lignes qui passent par les lieux jouissant d'une même température moyenne décrivent sur le globe des courbes irrégulières qui s'écartent plus ou moins des cercles de latitude : c'est ce qu'Alexandre de Humboldt a nommé *lignes isothermes*.

On remarque que dans la zone torride ces lignes s'écartent beaucoup moins des cercles de latitude que dans les autres zones. On a remarqué aussi que ces courbes tendent à se rapprocher des pôles vers les côtes nord-

ouest de l'Europe, ainsi que vers les côtes nord-ouest de l'Amérique, ce qui a fait supposer que le pôle terrestre n'est pas le point le plus froid de l'hémisphère boréal, mais qu'il y a deux pôles de froid l'un au nord de l'Amérique, l'autre au nord de l'Asie. M. Berghaus place le premier de ces pôles vers 78° de latitude et 92° de longitude occidentale, et le second vers 79° 30' de latitude et 118° de longitude orientale, et leur attribue respectivement des températures moyennes de — 19° 7' et de — 17° 2'.

Quoi qu'il en puisse être de cette supposition, il est certain que les côtes occidentales du nord de l'Amérique et plus encore celles du nord de l'Europe ont une température moyenne beaucoup plus élevée que les côtes orientales du nord des mêmes continents; c'est ainsi, par exemple, que la température moyenne du cap nord en Norwége, sous 71° 10' de latitude, est de + 0° 1' tandis que celle de Nain sur la côte de Labrador sous 57° est de — 15°.

L'abaissement de la température avec l'élévation des latitudes se fait plus rapidement dans l'hémisphère boréal que dans l'hémisphère austral.

Les lignes qui uniraient les lieux où règne une même température d'été ont été nommées par Humboldt *lignes isothères*, et celles qui uniraient les lieux où règne une même température d'hiver *lignes isochimènes*. Ces lignes forment des courbes différentes des lignes isothermes, et sont encore moins parallèles à l'équateur. C'est ainsi, par exemple, que Kasan se trouve à peu près sur la même ligne isothère que Paris, puisque la température moyenne de l'été de ces villes ne diffère que d'un degré, tandis que leurs lignes isochimènes, c'est à dire la température moyenne de leur hiver, diffèrent de 17° 6' leurs lignes isothermes de 8° 6' et leur latitude de 6° 58'.

L'ensemble des diverses circonstances relatives à la température d'un lieu et aux phénomènes météorologiques qui s'y passent en forme ce que l'on appelle le *climat* (1).

Quand on considère les climats sous le rapport des plus grands abaissements et des plus grandes élévations de la température, ce qui

(1) Il résulte de ce qui précède que, quoique l'on désigne les zones astronomiques par des noms qui annoncent des rapports avec la température, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, p. 11, on doit éviter de mettre trop d'importance aux sens de ces dénominations, et surtout de les confondre avec celles qui sont exclusivement relative à la température, c'est à dire avec les *zones isothermes*, *isothères* et *isochimènes* qui correspondent respectivement aux surfaces comprises entre deux lignes, soit de même chaleur annuelle, soit de même chaleur d'été, soit de même chaleur d'hiver.

Les géographes ont été longtemps dans l'habitude de donner le nom de *climats* à des zones parallèles à l'équateur et correspondantes à des durées égales dans les jours; mais l'usage a prévalu d'employer le mot climat dans le sens énoncé ci-dessus.

donne la considération la plus importante pour l'habitation des êtres vivants, on donne le nom de *climats excessifs* à ceux qui présentent de grandes variations, tandis que l'on appelle *climats constants* ceux qui en présentent le moins. On se sert aussi pour distinguer ces deux espèces de climats des dénominations de *climats continentaux* et *marins* parce que c'est dans l'intérieur des continents que le climat est le plus excessif et dans les grandes mers qu'il est le plus constant, et, comme les îles participent plus ou moins du climat des mers environnantes, on appelle aussi les climats marins *climats insulaires*. C'est ainsi, par exemple, qu'à Funchal, dans l'île Madère, la température moyenne du mois le plus chaud est de 22° 3′ et celle du mois le plus froid de 15° 7′ ce qui fait une différence de 6° 6′; tandis qu'à Kasan la température moyenne du mois le plus chaud est de 18° 4′ et celle du mois le plus froid de — 16° 5′, de sorte que la différence est de 34° 9′. En général, les températures sont beaucoup plus variables dans les hautes latitudes que dans les basses, mais cette loi est généralement très modifiée par l'influence marine, car, quoique le cap Nord soit de 15° 22′ plus septentrional que Kasan, la différence entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud n'est que de 13° 6′.

Il est à remarquer, en outre, que la température moyenne des bords de la mer est généralement moins basse dans les hautes latitudes que celle de l'intérieur des continents.

Variations d'altitude. Dans les lieux situés sur une même verticale, la température va généralement en diminuant à mesure que le point où se fait l'observation est plus élevé. Cette diminution est si rapide, que l'on évalue moyennement à 185 mètres l'altitude qui correspond à un degré du thermomètre centésimal; mais les modifications résultantes des variations particulières affectent encore plus ce genre de variations générales que celles concernant les latitudes.

La forme du sol exerce notamment une grande influence à cet égard, car le décroissement de la température est beaucoup plus rapide si l'on s'élève au milieu des airs ou sur une montagne isolée que si l'on s'élève sur un plateau ou dans une vallée. C'est ainsi, par exemple, qu'il n'y a que 0° 8′ de différence entre la température de Constantine qui est bâtie sur un plateau à l'altitude de 650 mètres et celle d'Alger qui est sur le bord de la mer. Il paraîtrait en outre que le décroissement n'est pas uniforme pour les diverses élévations, car Humboldt a conclu d'un grand nombre d'observations faites dans l'Amérique équatoriale, que le premier kilomètre de hauteur emportait une diminution de 5° 7′ du thermomètre, le second de 3° 4′, le troisième de 4° 1′, le quatrième de

7° 3', le cinquième de 5° 5', ce qui fait que dans ces régions la température moyenne, qui est de 27° 5' au niveau de la mer, est de 10° 5' à la hauteur de 5 000 mètres.

Les saisons apportent aussi de grandes différences dans ces résultats; car le climat des hautes montagnes présentant, comme celui des îles, moins de différence entre la température des hivers et des étés que celui des continents, il y a moins de différence en hiver qu'en été entre leur température et celle des lieux moins élevés. C'est ainsi, par exemple, que M. Martins a trouvé qu'au mont Ventoux, en Provence, dont l'altitude est de 1 911 mètres, un décroissement d'un degré correspondait à 129 mètres en été et à 144 mètres en hiver. Le décroissement varie également selon les heures de la journée.

Quant aux **variations particulières,** elles présentent trop de diversités selon les lieux pour que nous en donnions une idée générale.

Maximum et minimum des températures. Il serait difficile de dire quelles sont les plus hautes et les plus basses températures auxquelles l'atmosphère peut atteindre; car, en ce qui concerne le maximum, on a vu, dans la physique, que l'action du soleil, convenablement disposée, peut donner à des corps solides une température extrêmement élevée, qui se communique quelquefois à une partie de l'air environnant. Aussi Richtie et Lyon annonçaient-ils avoir observé une chaleur de 54° dans l'oasis de Mourzouk; mais on doute que l'observation ait été suffisamment dégagée des effets du soleil sur le thermomètre. Parmi les autres exemples de températures élevées qui ont été rapportés, nous citerons l'observation d'une chaleur de +47° 4' faite par Burckardt, à Esné, dans la haute Égypte. Quant au minimum, on n'a pas encore pénétré jusqu'au pôle, et, d'un autre côté, il est difficile de faire des observations lorsque la température est en dessous de la congélation du mercure, c'est à dire de — 39° 5'. Du reste, le froid le plus fort qui ait été constaté est de — 56° 7', supporté par le capitaine Back, au fort Reliance dans la Nouvelle Bretagne. A Paris, le thermomètre s'est élevé, le 8 juillet 1793, à 38° 4', et il est descendu, le 25 janvier 1795, à — 23° 5', ce qui forme une différence de 61° 9'.

Marche oscillatoire de la température. Nous avons déjà donné à entendre que la température moyenne d'un lieu pendant une année n'est pas nécessairement semblable à celle d'une autre année; mais ces variations se font par oscillation, c'est à dire qu'une ou plusieurs années plus chaudes sont suivies par une ou plusieurs années plus froides; et depuis plus d'un siècle que l'on fait des observations comparables, la température ne paraît pas avoir fait de progrès, soit vers le refroidisse-

ment, soit vers l'échauffement. Il paraît aussi, d'après les témoignages historiques, que la température de l'atmosphère n'a pas éprouvé de changements généraux depuis deux mille ans; et, si les monuments historiques semblent annoncer que certaines contrées ont eu des températures différentes de leurs températures actuelles, ces différences s'expliquent aisément par les défrichements, les desséchements et les autres changements que les travaux de l'homme ont fait éprouver à ces contrées. De sorte que l'on peut considérer comme démontré que, dans l'état actuel des choses, il y a équilibre entre la chaleur que l'action du soleil développe à la surface de la terre, et celle qui se perd continuellement; mais on verra dans le livre suivant qu'il n'en a pas toujours été ainsi, et que tout annonce qu'il a existé une époque où l'atmosphère, du moins la partie de l'atmosphère qui avoisine la terre, était beaucoup plus chaude qu'elle n'est actuellement.

Cause des variations de température. L'étude de la physique apprend que le soleil peut être considéré comme la seule cause de chaleur que l'on observe dans l'atmosphère, puisque, d'après les calculs de Fourier, la transmission de la chaleur intérieure de la terre n'entre pas pour un trentième de degré dans la chaleur de l'atmosphère, et celle provenant du rayonnement des espaces planétaires entre probablement pour moins encore dans la chaleur des régions que nous pouvons observer. On peut, en conséquence, se rendre aisément compte de ce qu'il y a de général dans la cause des variations diurnes, annuelles et de latitude, puisque ces variations sont en rapport avec le temps et la manière dont le soleil peut faire sentir son action directe. Mais le phénomène de la diminution de la chaleur, proportionnellement à l'augmentation de l'altitude, n'est pas aussi simple et paraît résulter de trois causes différentes, savoir : la facilité avec laquelle la chaleur traverse les milieux diathermanes sans les échauffer; le rayonnement continuel, vers l'espace, de la chaleur développée à la surface de la terre par les rayons solaires; et l'augmentation de capacité pour la chaleur qu'éprouve l'air lorsqu'il se dilate. Il résulte, en effet, de cette dernière circonstance que l'air chaud qui s'élève de la partie inférieure de l'atmosphère, parce qu'il est plus léger, prenant une plus grande capacité pour la chaleur, se refroidit de lui-même sans céder de sa chaleur aux espaces environnants, tandis que l'air froid qui descend, parce qu'il est plus pesant, perdant de sa capacité pour la chaleur, s'échauffe de lui-même par suite de sa nouvelle position ; de sorte que l'ascension et la descente de l'air ne tendraient pas à établir une température égale dans l'atmosphère, et que, quoique ce phénomène ait beaucoup de rapport avec ce

qui se passe dans l'eau d'une chaudière échauffée par le bas, la propriété qu'a l'air de ne pas conserver, comme l'eau, la même capacité pour la chaleur serait cause que celle-ci ne se distribuerait pas dans l'atmosphère aussi uniformément que dans l'eau de la chaudière.

Quant aux causes des variations particulières, elles sont encore beaucoup plus compliquées et plus difficiles à expliquer. L'une des plus importantes de ces causes paraît être la présence d'une plus grande quantité de terres ou d'eaux, ces dernières ayant la propriété d'égaliser les températures. On conçoit en effet que, d'un côté, la transparence des eaux, leur tendance à s'évaporer, et l'interception des rayons du soleil par les nuages, empêchent la surface des eaux de s'échauffer comme celle des corps opaques et fixes; tandis que, d'un autre côté, ces mêmes nuages arrêtant aussi la transmission de la chaleur par rayonnement, diminuent le refroidissement qui a lieu pendant la nuit, et que la propriété qu'ont les grandes masses d'eaux de se maintenir à 4° au dessous de zéro quoique l'atmosphère soit à une température beaucoup plus basse, empêche aussi qu'il se produise de grands froids, du moins dans les lieux où l'intensité du froid n'est pas assez forte pour amener la congélation des grandes masses d'eau. La surface opaque et non susceptible d'évaporation des terres est cause qu'elles s'échauffent considérablement en été, tandis qu'en hiver le refroidissement produit par le rayonnement pendant la nuit est facilité par le peu de nuages qui se trouvent dans l'air, et que la neige qui couvre la terre tend également à augmenter le froid, tant parce qu'elle empêche le sol de s'échauffer pendant le jour, que par la chaleur qu'elle absorbe pour son évaporation.

Les vents qui règnent dans l'atmosphère exercent également une influence très sensible sur la température. On conçoit, en effet, que l'arrivée dans une contrée d'un air plus chaud ou plus froid doit y produire directement et instantanément des changements de température. Ainsi un lieu où règnent principalement des vents venant d'une contrée glacée sera plus froid que celui qui reçoit les vents d'une contrée brûlante, tandis que les lieux exposés aux vents venant de la mer auront un climat plus constant, etc.

D'un autre côté, un vent chargé de nuages arrêtera, en hiver, la propagation du froid, parce que ces nuages empêcheront le rayonnement, tandis que, en été, la même circonstance s'opposera au développement de la chaleur, parce que, dans cette saison, le froid qui se produit par le rayonnement est moindre que la chaleur produite par l'action seule des rayons solaires.

C'est ainsi que la grande différence qui existe entre la température des côtes nord-ouest et celle des côtes nord-est des deux grands continents, est attribuée à la prédominance des vents d'ouest au nord des tropiques. On conçoit en effet que ceux de ces vents qui arrivent sur les premières de ces côtes venant de parcourir de vastes étendues de mer doivent y déterminer l'existence d'un climat marin, tandis que ceux qui arrivent sur les côtes nord-est venant de parcourir de vastes étendues de terres doivent y déterminer une température continentale.

Les courants qui existent dans les mers doivent aussi exercer une grande influence sur la température; car le passage continuel dans un lieu d'une masse d'eau provenant de régions où la température de la mer est plus élevée ou plus basse doit y déterminer un échauffement ou un refroidissement permanent; aussi croit-on que le grand courant, connu sous le nom de *Gulfstream*, qui amène des eaux du golfe du Mexique jusqu'au nord de l'Europe, exerce une grande influence sur l'élévation relative de température qui règne sur les côtes nord-ouest de cette partie de la terre.

Enfin la nature du sol, sa couleur, la manière dont il est exposé aux rayons du soleil, la dénudation des roches ou la présence d'une végétation plus ou moins active doivent encore influer sur la production et la conservation de la chaleur.

On sent que ces diverses causes doivent modifier beaucoup plus les températures selon les altitudes que celles selon les latitudes à raison des petites distances sur lesquelles s'exerce l'effet normal des premières, et pourquoi les irrégularités sont plus sensibles dans les petites hauteurs ou sur des plateaux étendus, que dans les grandes élévations ou sur des montagnes isolées, puisque moins on est élevé, plus l'influence des causes qui se passent à la surface du sol environnant est puissante, et que, d'un autre côté, le sol des plateaux est dans le cas d'exercer de lui-même une influence sur la température. Aussi, lorsque Gay-Lussac s'est élevé en plein air à une altitude de 7 000 mètres au dessus de Paris, a-t-il trouvé que le décroissement par degré du thermomètre correspondait à 174 mètres, c'est à dire un nombre qui se rapproche beaucoup plus de la moyenne que la plupart des observations faites sur le sol.

CHAPITRE II.

DES MOUVEMENTS DE L'ATMOSPHÈRE.

Vents en général. Les mouvements de l'atmosphère donnent lieu à des phénomènes que l'on désigne sous le nom de *vents* et qui peuvent être considérés sous le rapport de leur direction, de leur propagation, de leur durée, de leur étendue, de leur intensité, de leur cause et de leur influence sur le climat.

Direction des vents. Sous le premier point de vue, les marins sont dans l'habitude de distinguer 32 directions particulières, ou, comme ils disent, 32 *rumbs de vents*, de la manière indiquée à la figure ci-dessous, qui est ce que l'on appelle la *rose des vents*. Dans l'usage ordinaire on désigne souvent les vents par des noms particuliers qui varient selon les lieux.



La Rose des vents.

Propagation des vents. Les vents se propagent par *impulsion* et par *aspiration*. Pour se faire une idée de cette distinction, il faut se rappeler ce qui se passe dans un soufflet, où l'air qui sort par le tuyau est poussé en avant, tandis que celui qui le remplace est aspiré dans l'intérieur du soufflet. On peut aussi comparer la propagation des vents à ce qui a lieu dans un canal lorsque l'on ouvre l'écluse qui sépare deux biefs de hauteurs inégales. On voit alors l'eau du bief supérieur s'avancer dans le bief inférieur en poussant l'eau de celui-ci en avant, et l'on voit, au contraire, le mouvement se propager successivement dans le bief supérieur en sens contraire à la direction du courant. De même, les vents par impulsion ont une marche progressive dans le sens de leur direction, et les vents par aspiration se propagent dans le sens contraire à leur direction. C'est ce que l'on remarque souvent dans les vents qui se développent instantanément, et notamment dans les ouragans; tel est, par exemple, celui qui a parcouru une partie des États-Unis d'Amérique le 11 février 1811, en soufflant du nord-est au sud-ouest, et qui se fit sentir à Charlestown à deux heures après midi, à Washington à cinq heures du soir, à New-York à dix heures du soir, et à Albany le lendemain au point du jour.

L'étendue des vents dans le sens de la surface sur laquelle un même vent se développe est quelquefois très considérable, et l'on verra tout à l'heure sur quelle immense surface règnent les vents alizés. Quant à leur étendue en hauteur, on est rarement à même de pouvoir l'observer; cependant, lorsqu'on gravit une haute montagne, on traverse souvent des espaces dans lesquels il souffle des vents de directions différentes, d'autres dans lesquels l'air est calme; et l'on voit souvent la fumée des volcans élevés se diriger dans un sens différent de la direction du vent qui règne au pied de la montagne. De sorte qu'il est probable que les vents n'ont pas ordinairement une très grande hauteur, c'est à dire que les couches de l'atmosphère qui sont animées d'un même mouvement ne sont pas très épaisses.

Les vents considérés sous le rapport de leur **durée** peuvent être divisés en *vents constants*, *vents périodiques et vents variables*.

Les vents constants sont connus sous la dénomination de *vents alizés*, et règnent constamment dans presque toutes les parties de l'océan Atlantique et de l'océan Pacifique comprises entre les tropiques: leur direction moyenne est de l'est à l'ouest; mais ils prennent une inclinaison vers le nord dans l'hémisphère boréal, et vers le sud dans l'hémisphère austral. Entre ces deux directions, il existe une limite où l'on rencontre, le plus souvent, des calmes entremêlés de violents

orages. Cette limite n'est pas précisément l'équateur : elle s'étend de 2° à 5° de latitude nord. Les vents alizés sont très favorables à la navigation lorsqu'il s'agit d'aller de l'est à l'ouest ; mais les navires à voiles qui doivent aller de l'ouest à l'est sont obligés de sortir de la zone où règnent les vents alizés.

Les **vents périodiques** les plus remarquables sont appelés *moussons* par les marins : ils soufflent pendant six mois dans une direction, et ensuite pendant six mois dans la direction opposée, comme il arrive dans les mers de l'Inde. De la côte de Malacca à la Chine, par exemple, il règne des vents de sud-ouest depuis avril jusqu'en octobre, et de nord-est depuis octobre jusqu'en avril. Le changement d'une mousson à l'autre se fait graduellement et est accompagné de tempêtes et d'ouragans. Les moussons sont aussi très favorables pour la navigation ; mais, quand on veut parcourir avec des navires à voiles des mers où elles règnent, on est obligé de coordonner les traversées avec leur direction.

On doit aussi ranger parmi les vents périodiques ceux que les marins nomment *brise de terre* et *brise de mer*, qui se font sentir dans le voisinage des côtes, surtout dans la zone torride. La brise de mer, qui se dirige de la mer vers l'intérieur des terres, règne pendant le jour, et la brise de terre, qui se fait sentir pendant la nuit, se dirige en sens contraire.

On désigne par la dénomination de **vents variables**, ceux qui ne rentrent pas dans les deux catégories précédentes. Leurs variations sont telles, qu'il serait impossible de donner des notions générales à leur égard sans dépasser les bornes de cet abrégé. Nous dirons simplement que, dans le nombre de ces vents, il y en a qui, pour certaines localités, sont *dominants*, soit pendant toute l'année, soit pendant certaines saisons, et d'autres qui sont plus ou moins *momentanés*.

Les vents, considérés sous le rapport de leur **intensité**, présentent beaucoup de variations, et on a dressé la table suivante de leurs principales vitesses et des termes qu'on emploie pour désigner les vents qui en sont animés.

1 800	mètres par heure,	vent à peine sensible.
3 600	—	vent sensible.
7 200	—	vent modéré.
19 800	—	vent assez fort.
72 000	—	vent très fort.
81 000	—	tempête.
97 200	—	grande tempête.
104 400	—	ouragan.
162 000	—	ouragan qui renverse les édifices et déracine les arbres.

Les noms de *tempête* et d'*ouragan* ne sont pas toujours employés dans le sens relatif indiqué ci-dessus ; et souvent on entend par ouragan les mouvements violents qui durent peu de temps, et par tempête ceux qui se font sentir pendant plus longtemps. D'un autre côté, la dénomination d'ouragan est plus souvent employée pour désigner des mouvements d'air qui se passent sur la terre, et celles de tempête et de *coup de vent* pour des mouvements qui ont lieu sur la mer; et, comme l'agitation de l'air entraîne toujours celle de l'eau qui le touche, tandis que les mouvements de cette dernière sont encore plus dangereux pour les navigateurs que ceux de l'air, beaucoup de personnes se sont habituées à considérer l'agitation des flots comme une des conditions essentielles de la tempête.

Les ouragans sont généralement plus fréquents et plus violents dans la zone torride que dans la zone tempérée, et il paraît qu'ils n'ont pas lieu dans les zones glaciales, où cependant les coups de vents sont assez fréquents (1).

Parmi les vents dont l'action est la plus pénible pour les hommes, nous citerons celui que l'on désigne par le nom de *simoun* dans les déserts sableux de l'Afrique. Ce vent a ordinairement une température extrêmement élevée et transporte une si grande quantité de sable que le ciel en est obscurci.

Les vents, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, p. 346, exercent une grande **influence sur le climat**; mais cette influence est relative aux localités. Ainsi les vents qui viennent d'une contrée froide refroidissent la température, tandis que ceux qui viennent d'une contrée chaude la réchauffent. Ceux qui viennent de la mer ou d'une contrée humide amènent de la pluie, et ceux qui viennent d'une contrée sèche dessèchent le sol sur lequel ils passent. Mais ces rapports n'ont pas toujours lieu, et les vents présentent quelquefois des températures ou des états hygrométriques très différents de ceux des lieux d'où ils viennent.

Il est à remarquer que, si les tempêtes et les ouragans produisent de grands désastres, l'absence des vents rend le climat très malsain, si pas tout à fait inhabitable pour les hommes. Les chaleurs y deviennent excessives lorsque le soleil est sur l'horizon, et l'air se charge de gaz plus ou moins délétères.

(1) On donne le nom de *cyclones* à des ouragans très violents qui se manifestent dans les mers du sud-est de l'Asie. On les a aussi appelés *typhons*, mais il est préférable de réserver ce nom pour les masses non stratifiées de l'intérieur de la terre, ainsi que l'a proposé Al. Brongniart, d'autant plus que ce nom, qui vient de la mythologie grecque, était attribué par celle-ci à l'un des géants que Jupiter a enfoui sous les montagnes.

On connaît les avantages que plusieurs arts, notamment la navigation, tirent de l'existence des vents, et combien ils ont influé, par ce moyen, sur le développement du commerce en particulier et de la civilisation en général.

Causes des vents. Les vents doivent sans doute leur origine à la réunion de plusieurs des forces qui agissent sur l'atmosphère; mais il y a tout lieu de croire que c'est dans les effets de la chaleur que l'on doit voir la principale de ces causes. On peut assimiler les vents aux cours d'eaux qui cherchent à se mettre en équilibre et à remplir tout espace vide, ou plutôt dans lequel se trouve un fluide moins dense; et l'on sait que la chaleur est la force la plus généralement employée pour diminuer la densité des corps.

L'origine des vents alizés s'explique d'une manière satisfaisante par la combinaison de l'action de la chaleur solaire avec le mouvement de la terre. On conçoit, en effet, que la présence continuelle du soleil sur la zone torride y détermine l'ascension d'un air chaud qui se refroidit successivement, mais qui, étant continuellement poussé par le nouvel air chaud qui le suit, doit continuer sa marche ascensionnelle jusqu'à ce qu'il ait atteint les hautes régions de l'atmosphère d'où il se répand du côté de chaque pôle en se rapprochant de la surface de la terre, où il prend la place de l'air inférieur qui remplace, de proche en proche, celui qui s'élève de la zone torride. Or, l'atmosphère étant entraînée par le mouvement de rotation de la terre, toutes ses molécules sont animées d'une vitesse proportionnelle au rayon du cercle qu'elles décrivent; d'où il résulte que les molécules d'air qui arrivent sous les tropiques sont toujours un certain temps avant d'avoir acquis la vitesse correspondante à la latitude où elles se trouvent, de sorte qu'ayant une marche moins rapide que la surface de la terre, elles restent en arrière sur celle-ci vers l'ouest et frappent les corps placés sur cette surface, comme si elles avaient un mouvement en sens contraire, c'est à dire de l'est à l'ouest. Mais ce n'est qu'une illusion analogue à celle qu'éprouverait une personne placée sur un bateau traversant avec rapidité un air calme, et qui croirait sentir l'effet d'un vent dirigé en sens contraire du bateau, et d'autant plus fort que la marche de celui-ci serait plus rapide, tandis que cette sensation serait uniquement causée par le choc de la personne contre l'air. D'un autre côté, les molécules d'air dont il s'agit étant animées d'un mouvement réel dans le sens du méridien, cette force se combine avec celle du mouvement de rotation, ce qui occasionne la déviation vers l'un et l'autre pôle, que nous avons indiquée dans la direction des vents alizés. Enfin on a attribué la circonstance que la limite entre les

deux directions des vents alizés ne coïncide pas avec l'équateur, à la présence plus longue du soleil dans l'hémisphère boréal que dans l'hémisphère austral; mais cette explication est contestée par d'autres physiciens.

La raison qui fait que les molécules de l'air inférieur qui se rend des pôles à l'équateur ne s'y trouvent pas animées de la même vitesse de rotation que la surface de la terre, est cause que quand ces molécules, dans les hautes régions de l'atmosphère, retournent de l'équateur aux pôles, elles sont animées d'une plus grande vitesse de rotation que les couches inférieures, ce qui doit produire un vent réel en sens contraire de celui apparent des vents alizés, c'est à dire de l'est à l'ouest; et c'est effectivement ce que l'on a observé au sommet du pic de Ténériffe.

Quant aux brises de mer et de terre, elles s'expliquent facilement par la propriété que les terres ont de s'échauffer, pendant le jour, plus que les eaux, ce qui est cause qu'il s'élève de dessus les premières une plus grande quantité d'air que de dessus les secondes; de sorte qu'une partie de l'air qui est au dessus de la mer vient remplir le vide qui s'est formé au dessus des terres. Au contraire, pendant la nuit, la mer se refroidissant moins que la terre, c'est de la partie de l'atmosphère qui la recouvre que s'élève la plus grande quantité d'air, et alors le courant s'établit de la terre vers la mer.

Il paraît que c'est à une cause analogue qu'on doit attribuer l'origine des moussons. En effet, les terres s'échauffant en été plus que les mers, et celles-ci se refroidissant moins en hiver que les terres, on conçoit qu'il peut s'établir sur certaines mers des vents qui règnent pendant six mois dans une direction, et pendant les six autres mois dans la direction opposée. Du reste, on sent que ces directions doivent dépendre de la forme des continents, de la disposition des chaînes de montagnes, de l'existence de pluies périodiques et d'autres causes de ce genre.

Il est difficile de se rendre raison des causes des vents variables. La circonstance que la vapeur tient cent mille fois plus de place que la même quantité d'eau liquide, avait porté à croire que la chute d'une forte pluie devait faire dans l'atmosphère un vide immense, où devait ensuite se précipiter des flots d'air; mais l'élévation que le baromètre conserve souvent en temps de pluie annonce que la condensation seule des vapeurs n'exerce pas une influence aussi marquée sur les mouvements de l'atmosphère. Il est donc probable que la cause des vents variables se trouve, comme celle des vents constants, dans l'échauffement inégal de l'atmosphère. D'un autre côté les montagnes, l'étendue et la forme des terres doivent aussi exercer une grande influence sur la production et surtout sur la direction des vents.

L'attraction de la lune doit aussi produire, dans l'atmosphère, comme dans la mer, un **mouvement de flux et de reflux**; mais comme la densité de l'air est bien moindre que celle de l'eau, ce mouvement est beaucoup moins important; aussi ses effets sont-ils insensibles sur nos sens, et nous verrons dans le chapitre VI, ci-après, combien leur influence sur le baromètre est peu marquée.

Nous croyons devoir parler ici du phénomène connu sous le nom de **trombe.** Ce phénomène consiste dans un tourbillon en spirale, qui s'établit verticalement dans l'air, et qui a, comme le vent, un mouvement progressif. Il ne devient visible qu'autant qu'il rencontre des objets susceptibles de se laisser enlever, tels que de l'eau, de la poussière, des feuilles, etc. Alors on voit qu'il forme des espèces de colonnes ou plutôt de cônes renversés, qui sont dans une agitation très violente, qui enlèvent des objets de terre, et qui les rejettent après les avoir élevés plus ou moins haut. Les trombes ne consistent souvent qu'en de très petits tourbillons qui ne se manifestent que par l'enlèvement d'un peu de poussière ou d'autres objets légers, lorsqu'elles viennent à passer sur un sol qui en est recouvert; mais d'autres fois elles deviennent des ouragans violents qui renversent les édifices, enlèvent des toitures, même des hommes, et les rejettent à des distances plus ou moins éloignées.

Les trombes les plus remarquables sont celles qui se forment ou qui passent sur l'eau, parce qu'elles se remplissent de ce liquide, d'où on les appellent *trombes de mer* ou *trombes d'eau*. Elles présentent souvent l'aspect d'une immense colonne d'eau qui s'élève de la mer jusqu'à la région des nuages. Quelquefois ces trombes se détachent de la mer par leur pied, et alors elles forment de vastes cônes dont la base se perd dans les nuages, et qui semblent menacer les navigateurs d'être engloutis, si cette masse d'eau venait à s'abattre sur leurs têtes.

Les trombes sont, comme les ouragans, plus fréquentes dans la zone torride que dans les zones tempérées. Il paraît qu'elles ne se forment pas dans ces dernières en hiver ni pendant la nuit. Il paraît aussi qu'elles se forment plutôt quand le ciel est clair et calme que quand il est couvert de nuages ou agité par des vents violents.

Il est très difficile de se rendre raison des causes qui produisent les trombes : aussi les physiciens sont-ils loin d'être d'accord à ce sujet; et, tandis, par exemple, que M. Espy (1) les attribue uniquement à un

(1) *Institut*, 1841, p. 106.

courant ascendant qui s'établit dans un air chaud et humide par suite de dilatations inégales, Peltier (1) y voyait des effets d'électricité et citait un grand nombre de faits qui rapprochent les trombes des autres phénomènes électriques qui se passent dans l'atmosphère.

(1) *Traité des trombes*, Paris, 1840.

CHAPITRE III.

DES MÉTÉORES AQUEUX.

Division. — La condensation des vapeurs qui s'élèvent sans cesse dans l'atmosphère y donne lieu à des phénomènes que l'on désigne par le nom de *météores aqueux*, et que l'on peut subdiviser en *météores humides* et en *frimas*, selon que l'eau prend l'état liquide ou l'état solide. Les météores humides portent les noms de *rosée*, de *brouillard*, de *nuages* et de *pluie;* les frimas, ceux de *gelée blanche*, de *givre*, de *verglas*, de *neige*, de *grêle* et de *grésil*.

La rosée (1) est une humidité qui se dépose pendant la nuit, et que l'on voit le matin sous la forme de globules sur les objets placés à la surface de la terre, principalement sur les végétaux, car elle ne se dépose pas également sur tous les corps, et on n'en voit pas, ou presque pas, sur des métaux polis qui ont été toute la nuit dans le même lieu que des végétaux qui en sont tout couverts. La rosée commence à se déposer dans les lieux à l'ombre, aussitôt que la température de l'air diminue, c'est à dire vers trois ou quatre heures de l'après-midi ; car, dès ce moment , l'herbe devient sensiblement humide longtemps avant le coucher du soleil. A parité de circonstances, il se forme moins de rosée durant la première moitié de la nuit que pendant la seconde. La formation de la rosée n'a lieu que quand le temps est calme et le ciel clair. On en aperçoit quelques traces dans les nuits couvertes s'il ne fait pas

(1) On donne souvent le nom de *serein* à l'humidité qui se remarque le soir, et alors on réserve le nom de *rosée* à celle que l'on observe le matin ; mais, comme l'une et l'autre sont dues au même phénomène, cette distinction n'est d'aucun avantage.

de vent, ou malgré le vent si le temps est clair; mais il ne s'en forme jamais sous les influences réunies du vent et d'un ciel couvert. A l'instant où le ciel se couvre, la rosée cesse de se former : on observe même alors fort souvent que celle qui avait déjà mouillé les plantes disparaît entièrement, ou du moins diminue beaucoup. La quantité de rosée qui se forme lorsque l'air est humide est plus considérable que dans les temps de sécheresse.

Pour concevoir la cause de ce phénomène, on doit se rappeler que tous les corps ne se refroidissent pas également par le rayonnement qui a lieu dans la nuit; car, dans les corps qui sont bons conducteurs, la chaleur qui se communique de l'intérieur et celle absorbée à l'air peuvent être telles que ces corps conservent une température égale, quelquefois supérieure à celle de l'air environnant, tandis que les corps mauvais conducteurs ne réparant pas les pertes qu'ils éprouvent par le rayonnement, leur température peut s'abaisser de plusieurs degrés au dessous de celle de l'air qui les entoure. Or, ce n'est que sur ces corps que les gouttes de rosée peuvent se déposer, parce que, quand les petites gouttes, condensées dans l'air viennent à toucher des corps qui sont dans le cas de leur céder de la chaleur, au lieu de leur en enlever, ces gouttes se réduisent de nouveau en vapeurs; de même les corps qui sont abrités se couvrent moins de rosée que ceux qui sont tout à fait découverts, car ces corps, recevant une certaine quantité de chaleur de ceux qui leur servent d'écran, se refroidissent moins que ceux où le rayonnement est moins intercepté; d'où M. Wells a reconnu que tout ce qui peut diminuer la portion du ciel qui peut être aperçue de la place qu'un corps occupe diminue la quantité de rosée dont celui-ci se recouvre. Cet effet est encore augmenté si le corps servant d'écran a acquis pendant le jour une chaleur considérable; c'est pour cette raison qu'il y a généralement peu de rosée le long des murs exposés au midi. Par la même raison, il ne doit pas se former de rosée lorsque le ciel est couvert, parce que les nuages servent aussi d'écran et empêchent le rayonnement de la chaleur vers les espaces célestes. Il ne s'en forme pas non plus lorsqu'il fait du vent, parce que de nouvelles molécules d'air se mettant sans cesse en contact avec les corps placés sur le sol, ceux-ci conservent une température égale à celle de l'air.

La rosée est quelquefois assez abondante pour entretenir la végétation dans les contrées où il ne pleut pas.

On donne le nom de **brouillard** à des assemblages de petits globules d'eau qui se tiennent près de la surface de la terre. Ces globules sont visibles, d'une couleur blanchâtre, et interceptent la transparence

de l'air. En les examinant au microscope, on avait cru reconnaître qu'ils sont formés, comme les bulles de savon, d'une enveloppe liquide entourant une matière gazeuse, d'où on les a appelés *vapeurs vésiculaires;* mais d'autres savants considèrent au contraire les globules dont il s'agit comme pleins et attribuent leur suspension à l'action de l'air. On sait, en effet, que d'un côté l'air oppose à la chute des corps une résistance qui est d'autant plus forte que le corps, sous un poids donné, présente une plus grande surface, c'est ainsi que l'or qui est dix-neuf fois plus dense que l'eau tombe avec une extrême lenteur lorsqu'il est réduit en feuille très mince. On sait, d'un autre côté, qu'il y a une action capillaire entre l'air et l'eau. De sorte que ces deux causes réunies suffisent pour retenir en suspension dans l'air les petits globules d'eau qui forment les brouillards, de même que nous voyons les eaux troubles retenir en suspension des matières étrangères.

Les brouillards déposent sur les corps qui les touchent une humidité plus ou moins forte, selon leur intensité; souvent ils ont une odeur sensible et très désagréable.

Les brouillards ont principalement lieu dans les temps froids et humides, comme depuis l'automne jusqu'au printemps; ils sont plus fréquents dans le fond des vallées et à la surface des rivières que dans les autres localités. Sur la mer, les brouillards prennent le nom de *brume;* il y en a presque toujours dans les mers polaires, où, par leur obscurité, ils augmentent les dangers de la navigation.

Le brouillard se forme lorsqu'il y a une différence sensible de température entre l'air et les corps placés à la surface de la terre. Le cas le plus ordinaire de sa formation est celui où un amas d'eau ou un sol fort imbibé d'eau a une température plus élevée que l'air, mais cette circonstance n'est pas toujours suffisante; et si un courant d'air sec passe sur le fleuve ou dans la vallée, il ne se formera pas de brouillard. Dans les temps de dégel, au contraire, le brouillard se forme parce que l'air se trouve à une température plus élevée que les corps placés à la surface de la terre. Dans le premier cas, la vapeur qui s'élève de cette surface dans l'air, n'y trouvant pas une température susceptible de la maintenir dans son état de vapeur invisible, passe à celui de vapeur visible; dans le second, l'air perdant de sa chaleur par son contact avec des corps plus froids, perd aussi de sa capacité pour la vapeur invisible, et celle-ci passe à l'état de vapeur visible. Par la même raison, il peut aussi y avoir formation de brouillard lorsqu'un air froid se mêle avec un air chaud, parce que ce dernier, perdant de sa chaleur, perd en même temps de sa capacité pour la vapeur invisible. Dans ce cas, l'existence du

vent, loin de s'opposer à la formation du brouillard, en est une condition presque essentielle, parce que, sans cette agitation, les deux airs ne se mêleraient qu'avec une excessive lenteur (1).

Lorsque les brouillards, au lieu de demeurer près de la surface de la terre, s'élèvent au dessus de nos têtes, on leur donne le nom de **nuages**; mais il ne s'ensuit pas que tous les nuages soient, comme les brouillards, composés de vapeurs liquides, car le froid qui règne dans les hautes régions de l'atmosphère porte, au contraire, à croire qu'il en est beaucoup où l'eau est à l'état glacé.

Les nuages présentent des formes très variées, et Howard les a distingués, d'après cette considération, en trois modifications principales qu'il nomme *cirrus*, *cumulus*, *stratus*, et auxquelles se rattachent quatre modifications intermédiaires appelées *cirro-cumulus*, *cirro-stratus*, *cumulo-stratus* et *nimbus*. Le *cirrus* se compose de filaments déliés dont l'ensemble ressemble tantôt à un pinceau, tantôt à des cheveux crépus, tantôt à un réseau. Le *cumulus* se montre souvent sous la forme de demi-sphères qui s'accumulent quelquefois l'une sur l'autre, de manière à donner l'idée d'un groupe de montagnes couvertes de neige. Le *stratus* forme des bandes parallèles à l'horizon, qui se manifestent principalement en été après le coucher du soleil. Lorsque ces bandes deviennent plus courtes, plus serrées et assez épaisses pour que les rayons du soleil les traversent avec peine, elles forment un *cirro-stratus*. Le *cirro-cumulus* est composé de petits nuages arrondis que l'on nomme souvent *nuages moutonnés*. Lorsque les cumulus s'entassent et deviennent plus denses, ils passent à l'état du *cumulo-stratus*, dont la couleur à l'horizon est souvent noirâtre ou blanchâtre. Le *nimbus*, ou *nuage pluvieux*, se distingue par sa teinte d'un gris uniforme et ses bords frangés.

Les nuages sont ordinairement entraînés par le vent et se tiennent à diverses hauteurs; aussi, quand on gravit une haute montagne, il est rare qu'on ne traverse pas des nuages et que l'on n'en voie pas d'autres à ses pieds ou au dessus de sa tête. Du reste, il n'est pas probable que les nuages s'élèvent à plus de 10 ou 12 000 mètres d'altitude; il paraît

(1) On étend quelquefois le nom de *brouillard* à des amas de matières volatiles autres que l'eau, et accumulées dans les régions inférieures de l'atmosphère en quantité suffisante pour intercepter la transparence de l'air. C'est ainsi que l'on voit des *brouillards de fumée* et que l'on parle quelquefois de *brouillards secs*. Tels étaient ceux qui ont régné sur une immense étendue de pays pendant l'été de 1783, le jour aussi bien que la nuit, que la chaleur ni le vent ne dissipaient pas, et qui n'ont pas même mis en déliquescence les sels qui en sont les plus susceptibles. On n'a pas encore de notions positives sur la nature de ce phénomène que quelques physiciens ont attribué à des matières gazeuses sorties du sein de la terre, mais que l'on croit provenir le plus ordinairement des tourbes que l'on brûle dans le nord de l'Allemagne.

même qu'il y en a peu au dessus de 5 à 6 000 mètres. Saussure a souvent remarqué que, dans les Alpes, les nuages commençaient par un brouillard léger qui s'augmentait successivement, se détachait ensuite de la montagne et était emporté par les vents.

On ne peut pas encore donner des explications satisfaisantes sur la formation des nuages, non plus que sur celle des brouillards; on ne sait pas, en premier lieu, pourquoi l'eau se transforme, dans certaines circonstances, en vapeur visible plutôt qu'en vapeur invisible, ni pourquoi celle-ci, dans d'autres circonstances, se tranforme en vapeur visible plutôt qu'en eau liquide ou en neige.

Quant à la cause qui donne à la vapeur visible la propriété de s'élever dans l'air, il paraît que les courants ascendants, déterminés par le développement de la chaleur à la surface de la terre, et les vents qui agitent l'atmosphère, suffisent pour expliquer l'ascension et la suspension des vapeurs visibles.

Les vapeurs visibles qui forment les nuages passent souvent à l'état de vapeur invisible et le nuage se dissipe; d'autres fois, au contraire, elles se convertissent en gouttes d'eau qui tombent à la surface de la terre, c'est ce qu'on appelle **pluie**. Ordinairement, le nuage ne se résout pas entièrement en pluie, et, lorsque celle-ci cesse, le nuage n'a fait que s'éclaircir ou changer de lieu, et la partie qui reste est emportée par le vent, ou semble se dissiper par le passage à l'état de vapeurs invisibles. La pluie présente beaucoup de variations sous le rapport de sa force, de sa durée et de son étendue. On donne le nom de *bruine* à une pluie très fine, qui n'est, pour ainsi dire, que la chute d'un brouillard. On considère comme *pluies générales* celles qui durent assez longtemps et qui tombent en même temps sur une étendue considérable, tandis que l'on nomme *ondées* les pluies qui durent peu de temps et qui ne tombent que sur une petite étendue à la fois. Lorsque les ondées tombent avec beaucoup de violence, et qu'elles sont accompagnées de tonnerre et d'éclairs, on leur donne le nom de *pluies d'orage*.

Les quantités de pluie qui tombent sur les différentes parties de la terre sont aussi extrêmement variables : on a cependant remarqué qu'il pleut davantage dans le voisinage de l'équateur que sur les autres parties de la terre, et sur les côtes que dans l'intérieur des continents. C'est ainsi, par exemple, qu'au cap Haïtien, dans les Antilles, il tombe 308 centimètres d'eau par an, tandis qu'à Paris il n'en tombe que 56 et à Pétersbourg que 46, dans le même espace de temps, et qu'il y a des parties de l'intérieur de l'Afrique et de l'Asie où il ne pleut jamais. Mais il y a beaucoup d'exceptions à ces règles : c'est ainsi, notamment, qu'il

tombe annuellement à Bergen, en Norvége, 225 centimètres d'eau, c'est à dire plus qu'à Paris, quoique cette ville soit plus éloignée de la mer. En général, toutes choses étant égales d'ailleurs, il pleut davantage dans les pays montueux que dans les plaines, mais il ne paraît pas nécessaire que les inégalités du terrain soient fort considérables pour influer sur la chute de la pluie. Il pleut aussi davantage dans les contrées où le sol est couvert de bois et d'autres végétaux que dans celles où les roches sont à nu.

Dans la zone torride, il y a ordinairement une saison pluvieuse qui dure deux mois, et pendant laquelle tombe une quantité immense de pluie, tandis que la plus grande partie de l'année est ordinairement sans pluie. Il y a beaucoup plus de variations à ce sujet dans la zone tempérée; mais, cependant, il paraît qu'il y a partout des époques de l'année où il tombe une plus grande quantité de pluie que dans d'autres temps, ainsi qu'on peut en juger par le tableau ci-après de la quantité relative de pluie qui tombe dans quelques contrées de l'Europe :

SAISONS.	Angleterre occidentale.	Intérieur de l'Angleterre.	France occidentale.	France orientale.	Allemagne.	Pétersbourg.
Hiver	0.264	0.230	0.234	0.196	0.182	0.136
Printemps	0.197	0.205	0.183	0.235	0.216	0.194
Été	0.230	0.261	0.250	0.295	0.370	0.365
Automne	0.309	0.304	0.333	0.274	0.232	0.305

Le nombre de jours de pluies ne suit pas la quantité d'eau tombée; il est même quelquefois en raison inverse, car il va en augmentant de l'équateur au pôle; mais il paraît qu'il y a plus de rapport entre ces deux quantités lorsque, dans une même zone, on va de la mer vers l'intérieur des continents; c'est ainsi que l'on compte 152 jours de pluie par an en Angleterre et sur les côtes de France, 147 dans l'intérieur de la France, 141 dans les plaines d'Allemagne, 112 à Bude, 90 à Kasan, 60 dans l'intérieur de la Sibérie.

On a remarqué que la quantité de pluie augmentait en descendant à terre, car on a trouvé, par exemple, que la quantité moyenne de pluie

qui tombe par année dans la cour de l'Observatoire de Paris est de 56 centimètres, tandis qu'il n'en tombe que 50 sur la terrasse de cet établissement, qui est élevée de 27 mètres au dessus de la cour. Mais cette circonstance n'est constante que dans les résultats moyens, et non pas dans les détails de chaque jour de pluie.

Il tombe quelquefois de la pluie lorsque l'on n'aperçoit aucun nuage dans le ciel, mais c'est un phénomène extrêmement rare et qui est toujours de courte durée.

On attribue ordinairement aux phases de la lune une grande influence sur la production de la pluie; et il résulte, en effet, d'observations faites dans le midi de l'Allemagne et recueillies par Schübler, qu'il pleut plus souvent le jour du premier octant, c'est à dire à l'époque intermédiaire entre le premier quartier et la pleine lune, que pendant les autres parties du mois lunaire; que les chances de jours pluvieux vont ensuite en diminuant jusqu'au dernier quartier, d'où elles augmentent jusqu'au premier octant, et que le nombre de jours pluvieux pour chacun de ces deux termes extrêmes peut être représenté par les fractions 0.341 et 0.284 du nombre total de jours compris dans les 28 années qu'embrassent ces observations. Schübler a également reconnu que la quantité de pluie tombée était plus considérable vers l'époque du premier octant, et moins considérable vers l'époque du premier quartier qu'aux autres moments, et qu'il y avait plus de jours pluvieux quand la lune est à son *périgée*, c'est à dire à sa plus petite distance, que quand elle est à son *apogée*, c'est à dire à sa plus grande distance de la terre.

On a aussi prétendu que les phases de la lune ainsi que son entrée au périgée et à l'apogée, occasionnaient des changements de temps, surtout le moment de la nouvelle lune, que l'on suppose exercer la plus grande influence de ce genre; mais les recherches qu'Arago a faites à ce sujet portent à croire que ces opinions ne sont pas fondées. Du reste, on n'a pas encore rendu raison de l'action que la lune semble exercer sur la production de la pluie.

On n'a pas non plus des notions très positives sur les causes qui déterminent la formation et la chute de la pluie. On conçoit, à la vérité, qu'un abaissement de température peut faire résoudre des nuages en pluie, et le phénomène de l'augmentation de la quantité de pluie, en raison inverse de l'élévation, annonce que la chute de la pluie détermine la condensation des vapeurs contenues dans l'air, lesquelles, transformées en eau, sont entraînées avec la pluie qui tombe. Cependant il paraît difficile que cette cause seule produise les pluies violentes qui ont souvent lieu, et comme ces pluies sont toujours accompagnées d'électricité,

on a supposé que cette force jouait un rôle important dans la production de la pluie; mais plusieurs physiciens pensent maintenant que l'électricité développée dans ces circonstances est le résultat et non la cause de la condensation des vapeurs, et ils supposent que les courants ascendants, déterminés en été par l'échauffement du sol, ainsi que la rencontre de vents froids et de vents chauds en hiver, suffisent pour rendre raison de la production de la chute de la pluie.

On donne la dénomination de **gelée blanche** (1) à de l'eau congelée qui forme des enduits composés d'un assemblage de petits cristaux capillaires, de couleur blanche, placés sur les corps qui se trouvent à la surface de la terre, surtout sur les plantes basses. La gelée blanche n'est que de la rosée congelée, et l'on conçoit, d'après ce qui a été dit ci-dessus, que le rayonnement peut abaisser la température de certains corps au point de produire ce phénomène, lors même que la température de l'air demeure à 4 ou 5 degrés au dessus de zéro; aussi les conditions nécessaires ponr la formation de la rosée le sont-elles également pour celle de la gelée blanche, qui ne se trouve que dans les mêmes lieux, et dont on peut également empêcher la formation par des abris.

Le givre ressemble à la gelée blanche et se confond souvent avec elle; mais, tandis que la gelée blanche, comme la rosée, ne se dépose que vers la surface du sol et ne se forme qu'à la suite d'une journée où la température n'a pas été très basse et lorsque l'air est très clair, le givre s'attache aux arbres les plus élevés aussi bien qu'aux plantes basses, s'étend sur les hauteurs comme dans le fond des vallées, se forme pendant les plus grands froids et principalement lorsqu'il y a du brouillard, de sorte qu'il paraît être souvent un brouillard gelé. Du reste; la formation du givre, comme celle de la rosée et de la gelée blanche, semble due à ce que les corps solides acquièrent, par le rayonnement, une température plus basse que l'air. Comme la présence du givre sur un corps n'empêche pas la continuation du rayonnement, la quantité de givre peut être très considérable, et il forme quelquefois des enduits d'un centimètre d'épaisseur, composés de petits cristaux capillaires blancs qui enveloppent les branches, les rameaux, les feuilles des arbres, ce qui donne à ceux-ci un aspect extrêmement pittoresque.

Le givre est souvent dans le même cas que la rosée et la gelée blanche, c'est à dire qu'il ne se forme que quand l'air est calme, parce que le

(1) La dénomination de *gelée blanche* est mauvaise sous beaucoup de rapports, il serait à désirer que l'on y substituât dans le langage scientifique celle de *relée* qui est employée dans quelques contrées du nord de la France et de la Belgique, et qui dérive probablement de celle de *reiff* qui est le nom allemand.

vent entretient, comme on l'a vu ci-dessus, les corps solides à la même température que l'air environnant, et que, d'un autre côté, la plus petite agitation de l'air suffit pour détacher les frêles cristaux capillaires de givre. Il paraît cependant que, quand il fait très froid, il peut se former une matière assez analogue au givre malgré le vent, et sur des corps dont la température n'est pas plus basse que l'air environnant; tel est ce que les baleiniers anglais nomment *frost-rime* ou *brouillard gelé*, qui semble être une vapeur dense, congelée, que les vents emportent au dessus des mers polaires, et qui est composée de parties extrêmement déliées qui s'attachent à tous les corps vers lesquels le vent les pousse, et forment quelquefois un enduit de plus de trois centimètres, hérissé de longues fibres prismatiques ou pyramidales, dont les pointes sont dirigées du côté du vent. Les vêtements des marins se trouvent quelquefois entièrement recouverts de cette matière, que l'on pourrait, jusqu'à un certain point, comparer à celles que l'on voit, dans des jours très froids dans nos climats tempérés, recouvrant les vêtements et les poils des hommes et des animaux, surtout dans les parties voisines des organes de la respiration.

Le **verglas** consiste, comme le givre et la gelée blanche, dans un enduit d'eau congelée qui recouvre le sol et les objets placés à sa surface; mais cet enduit, au lieu d'être composé de cristaux capillaires, est formé de glace compacte.

Le verglas se forme surtout lors d'un *dégel*, c'est à dire quand la température d'un lieu, après avoir été, pendant un temps plus ou moins long, assez froide pour que l'eau soit généralement congelée, devient assez élevée pour que les eaux gelées repassent à l'état liquide. Or ce passage étant ordinairement occasionné dans les zones tempérées par l'arrivée de vent chaud, souvent accompagnés de brouillards et de pluie, on attribue ordinairement la formation du verglas, comme celle de la rosée, de la gelée blanche et du givre, à ce que les corps solides sont à une température plus basse que l'air environnant, toutefois cette différence de température ne résulterait pas du rayonnement de ces corps, mais de l'élévation brusque de la température de l'air, ce qui explique pourquoi le vent et la pluie, qui empêchent la rosée, la gelée blanche et le givre, sont des conditions à peu près nécessaires pour la formation du verglas. Cependant M. Münch (1) a fait observer que le verglas se forme aussi sur les vêtements et les parapluies que l'on ne peut supposer être à une température plus basse que l'atmosphère, et il est porté à croire

(1) L'*Institut*, 1847, p. 219.

que dans ce cas la formation du verglas est due à la circonstance que les gouttes d'eau sont douées d'une température assez basse pour que leur congélation soit déterminée par la commotion qu'elle éprouve en touchant le corps solide.

La **neige** est aussi de l'eau congelée qui tombe sous la forme de flocons composés ordinairement d'un assemblage irrégulier de petits cristaux, mais qui, lorsque l'air est calme et la température très froide, prennent des formes régulières qui, en général, se rapprochent toutes plus ou moins d'une étoile à six rayons, mais qui sont si variées, que le capitaine Scoresby en a compté une centaine de différentes. Sa couleur est d'un blanc parfait (1).

La neige est très utile aux végétaux qu'elle recouvre, parce qu'elle les préserve des effets des fortes gelées. C'est ainsi que des plantes qui résistent, sous son abri, aux rigoureux et longs hivers des hautes Alpes ne peuvent rester en pleine terre dans les environs de Paris, où il tombe moins de neige, et qui éprouvent souvent plusieurs alternatives de temps doux et de gelée dans le courant de l'hiver et au commencement du printemps.

On ne sait que très peu de chose sur la formation de la neige. On ne sait pas si les nuages qui la produisent sont composés de vapeurs ou de parcelles déjà glacées. On ne sait pas si les flocons se forment directement, ou s'ils prennent leur accroissement en traversant les couches inférieures de l'air. On n'a pas observé leur température ni les circonstances qui déterminent leurs formes et leur volume; mais, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, il est probable que les nuages qui se meuvent à de grandes hauteurs sont à l'état glacé.

La **grêle** consiste dans la chute de fragments de glace que l'on appelle *grêlons*. Ceux-ci sont ordinairement arrondis, mais ils présentent plus souvent la forme d'une poire ou d'un cône que celle d'une sphère; ils ont communément une grosseur analogue à celle d'un pois; ils atteignent quelquefois celle d'un œuf de pigeon, même celle du poing, et le poids d'un demi-kilogramme. On cite aussi des fragments beaucoup plus considérables; tel est le bloc tombé en Hongrie le 8 mai 1802, qui avait un mètre en long et en large et sept décimètres d'épaisseur. Les petits grêlons ressemblent à de la neige durcie; il est très rare d'en voir de glace transparente. Les gros grêlons présentent un noyau

(1) Lorsque la neige est colorée, c'est par la présence de quelques corps étrangers. On a parlé de *neige rouge* et de *neige verte* qui se trouvent dans des endroits où le sol est continuellement couvert de neige, et on a reconnu que ces couleurs étaient dues à des petits êtres microscopiques, végétaux et animaux, dont la neige est en quelque manière le sol naturel.

neigeux entouré de glace, ou des couches alternatives de neige et de glace. Quant aux très gros grêlons et autres fragments de glace, ils sont sans doute formés par l'agglutination d'un nombre plus ou moins considérable de grêlons.

La grêle est ordinairement accompagnée ou suivie par de la pluie; elle ne suit jamais celle-ci. Elle ne tombe que dans des orages, dure peu de temps dans un même lieu, ne s'étend pas sur une grande surface en même temps, quoiqu'il y ait des exemples d'orages de grêle qui aient parcouru de grandes distances, mais c'est toujours sur des bandes étroites. Elle est plus rare dans la zone torride que dans les zones tempérées, et dans celles-ci elle tombe rarement en hiver. On a aussi remarqué qu'elle est fort rare pendant la nuit.

La formation de la grêle est un phénomène très difficile à expliquer et pour lequel il a été fait un grand nombre d'hypothèses; voici celle qui a été proposée dernièrement par M. Dufour (1) à la suite d'expériences sur la propriété qu'a l'eau, lorsqu'elle n'est ni agitée, ni en contact avec un corps solide, de se refroidir beaucoup au dessous de la température de la glace fondante, sans se congeler, et ensuite de se transformer brusquement en glace si on l'agite ou si on la met en contact avec un corps solide. Or, les résultats de ces expériences ont porté M. Dufour à penser que la grêle se produit lorsque les globules aqueux, suspendus dans une région calme de l'atmosphère, s'étant refroidis au dessous de zéro, se congèlent par suite de l'agitation causée par un phénomène météorologique et s'accroissent ensuite parce que ces globules congelés étant poussés par le vent à travers ceux restés à l'état liquide, ceux-ci s'attachent aux autres en se congélant également. Cette hypothèse s'accorde très bien avec la texture des grêlons et leur forme souvent conique. Elle explique également pourquoi, lorsqu'il tombe de la grêle, la température s'abaisse plus qu'elle ne devrait le faire si cet abaissement était seulement causé par le simple passage des grêlons.

On donne le nom de **Grésil** à de très petits grêlons qui tombent ordinairement par ondées, que l'on appelle *Giboulées*. Ces ondées durent peu de temps, sont accompagnées de coups de vent et ont lieu lorsque le temps est variable; elles sont très fréquentes dans les hautes montagnes, mais c'est principalement au printemps qu'elles tombent dans les plaines, où elles sont souvent accompagnées de pluie. Il est probable que l'origine du grésil, comme celle de la grêle, est due à la con-

(1) *Bibliothèque univ. de Genève*, 1861, p. 316.

gélation instantanée de globules aqueux qui s'étaient refroidis à une température inférieure à zéro, mais qui n'ont pas été dans le cas de s'accroître, soit parce que toute la région froide aura été congelée au même instant, soit parce que les grains congelés n'ont point été poussés à travers cette région.

CHAPITRE IV.

DES MÉTÉORES LUMINEUX.

Division. — Nous réunissons sous la dénomination de *météores lumineux* une série de phénomènes qui ont pour caractère commun de manifester de la lumière, mais qui sont de nature très différente, les uns étant des *phénomènes électriques :* ce sont la *foudre*, les *feux Saint-Elme* et les *aurores boréales;* les autres, des *phénomènes* purement *optiques :* ce sont l'*arc-en-ciel*, les *couronnes*, les *halos*, les *anthélies*, les *parhélies*, les *parasélènes* et le *mirage;* d'autres enfin étant des *phénomènes* dont la véritable nature est à peu près *inconnue ;* ce sont les *feux follets*, les *bolides* et les *étoiles filantes*. Mais il est à remarquer que, parmi ces derniers phénomènes, il en est qui, se passant en dehors des limites de l'atmosphère, n'appartiennent pas à la météorologie, et que, si nous en faisons mention ici, c'est que, comme il est impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de leur assigner une place convenable, il nous a paru préférable de les laisser figurer à côté des météores lumineux avec lesquels on les a souvent rangés, plutôt que d'adopter ou de proposer des divisions particulières qui ne reposeraient que sur des hypothèses plus ou moins hasardées.

La **foudre** se compose de deux phénomènes principaux : l'un, que l'on nomme *éclair*, consiste dans une lumière vive qui paraît instantanément dans l'air en décrivant une ligne, souvent en zigzag, et qui est quelquefois très étendue, car on dit avoir vu des éclairs qui avaient plus de 5 kilomètres de longueur. L'autre phénomène, que l'on appelle *tonnerre*, est un bruit, quelquefois instantané, comme celui de la décharge

simultanée d'une douzaine de pièces de canon; d'autres fois il forme une espèce de roulement semblable à une suite d'échos. Il paraît que le même coup de tonnerre peut être instantané pour l'observateur voisin, et composé de roulements pour celui qui est plus éloigné. Lorsque la foudre éclate près de nous, nous apercevons l'éclair et nous entendons le tonnerre au même instant; mais, lorsque l'explosion a lieu dans l'éloignement, nous apercevons l'éclair plus ou moins longtemps avant d'entendre le tonnerre, ce qui provient de ce que la lumière se propage beaucoup plus rapidement que le son.

La foudre éclate ordinairement dans les nuages; mais quelquefois elle semble tomber sur la terre, et alors elle y produit des effets plus ou moins violents, tels que de tuer les hommes et les animaux, de fendre, tordre ou renverser des arbres, de briser et de parcourir les édifices, de mettre le feu aux matières combustibles, de fondre les matières métalliques et pierreuses, etc.

Nous dirons à cette occasion que l'on trouve quelquefois, dans les sables, des espèces de tubes composés d'une substance quarzeuse qui paraît être du sable agglutiné, plus ou moins vitrifié. Les dimensions de ces tubes sont très variables; mais on en a cité qui avaient près de 10 mètres de long sur un diamètre extérieur de 5 centimètres. On croit que ces tubes ont été formés par la foudre, d'où on les appelle *fulgurites* ou *tubes fulminaires*.

Dans les zones tempérées la foudre est très rare en hiver; il ne paraît qu'elle ait lieu dans les zones glaciales. Cependant elle peut éclater sous une température très basse, puisqu'elle est très commune sur le sommet des hautes montagnes où règnent des neiges perpétuelles. Quelquefois la foudre paraît éclater dans un air dépourvu de nuages, mais alors il se forme subitement un nuage considérable; en général, on remarque beaucoup d'agitation dans les nuages où éclate la foudre, et ce phénomène est accompagné ou suivi de fortes pluies et de grêle. Cet ensemble forme ce que l'on appelle un *orage*.

L'observation a prouvé que les phénomènes de la foudre sont dus à l'électricité, et, si cette connaissance n'en explique pas la *cause originaire*, puisque l'on ne sait pas ce que c'est que la force que les physiciens nomment électricité, elle suffit pour rendre raison de ces phénomènes. En effet, il est facile alors de voir dans l'éclair le même phénomène que l'étincelle que l'on produit dans les cabinets de physique, lorsque l'on approche deux corps dans lesquels on a accumulé les électricités différentes. Le tonnerre n'est que la répétition du bruit qui accompagne l'étincelle, bruit qui s'augmente en raison de la quantité d'électricité

accumulée. Enfin les effets de la foudre sur la terre se produisent également dans les cabinets, lorsque l'on donne des commotions avec la bouteille de Leyde, ou bien, lorsque, au moyen de l'étincelle électrique, on allume des matières combustibles, on fond des fils métalliques, on perce des cartes, du verre, etc. Il y a, à la vérité, dans les phénomènes de la foudre, quelques détails qui ne peuvent pas s'expliquer exactement par ce qui se passe dans nos cabinets; mais ces petites différences ne doivent pas étonner, lorsque l'on fait attention aux grandes différences qui existent dans les dimensions et dans la nature des corps sur lesquels l'électricité se développe dans l'atmosphère. Mais, en général, on trouve dans l'électricité les moyens d'expliquer ceux des phénomènes qui paraissent les plus extraordinaires aux personnes qui ne connaissent pas cette branche de physique. Ainsi, par exemple, on ne voit qu'un effet de la facilité avec laquelle l'influence électrique accumule l'électricité dans les corps conducteurs, lorsque la foudre, en parcourant un édiffice, a eu assez d'intensité pour fondre des barres métalliques, tandis que les corps moins conducteurs n'ont pas été sensiblement altérés. On reconnaît de même les effets de la propriété plus ou moins isolante des corps, dans l'espèce de discernement avec lequel la foudre va chercher ses victimes lorsqu'elle tombe dans une enceinte qui réunit plusieurs personnes. On conçoit aussi facilement pourquoi la foudre tombe de préférence sur les objets élevés qui sont conducteurs de l'électricité, puisque l'influence d'un nuage électrisé détermine, dans ces objets, l'accumulation d'une grande quantité d'électricité opposée à celle du nuage, et, si ces deux électricités tendent ensuite à s'unir, il en résultera un choc, c'est à dire la foudre, à moins que le nuage ne soit poussé auparavant hors de la sphère d'activité de l'objet en question, ou que la décharge de l'électricité du nuage se fasse par le choc avec l'électricité accumulée dans un autre objet. Dans ce dernier cas, l'électricité accumulée dans le premier objet retournera subitement dans ce que les physiciens appellent le *réservoir commun*, c'est à dire dans l'intérieur de la terre; et, lorsque l'accumulation d'électricité est considérable, ce retour peut amener une commotion suffisante pour tuer un homme. Ce *choc en retour* explique comment il se fait que la foudre tombant *directement* sur un objet, un homme placé à une distance considérable, soit renversé ou tué, tandis que tous les objets placés dans l'intervalle n'en ressentiront aucun effet. Du reste, le choc en retour ne consiste que dans une commotion plus ou moins forte; mais il n'est jamais dans le cas de brûler ou de fondre un objet.

Quant aux *sources de l'électricité de l'atmosphère* on la rapporte ordi-

ment à l'évaporation, et il n'y a pas de doute que les vapeurs qui s'élèvent des parties liquides et solides du globe ne soient le véhicule qui amène l'électricité dans l'atmosphère, mais M. de la Rive pense (1) qu'il faut une cause plus générale et plus constante pour charger en même temps la terre d'électricité négative et son atmosphère d'électricité positive. Il voit en conséquence cette cause dans l'action chimique continue qui a lieu au point de contact de l'écorce solide et de son noyau liquide.

Le rapprochement des phénomènes de la foudre avec ceux de l'électricité a donné lieu à l'une des plus belles applications de la science, au bien-être de la société, c'est à dire à l'invention d'appareils qui préservent des effets désastreux de ce terrible météore. Ces appareils, que l'on nomme *paratonnerres*, consistent en une verge de fer, d'environ 9 mètres d'élévation, terminée par une aiguille de platine, et que l'on place sur les édifices en la faisant communiquer avec le sol au moyen de barres ou d'une chaîne de fer que l'on fait courir le long de l'édifice sans le toucher immédiatement, et qui s'enfonce en terre dans un puits creusé au pied de l'édifice. Or, d'après ce que l'on sait du pouvoir des pointes sur l'électricité, on conçoit que la pointe du paratonnerre est dans le cas de décharger sans explosion l'électricité qui anime les nuages passant dans sa sphère d'activité, et l'on a lieu de croire que cet effet s'étend à une dizaine de mètres autour de la pointe, de sorte que, en plaçant les paratonnerres à 20 mètres les uns des autres, les grands édifices se trouvent suffisamment garantis de la foudre. Si ces appareils étaient plus rapprochés, ils se nuiraient mutuellement.

On conçoit facilement, d'après ce qui a été dit ci-dessus, que l'on doit éviter, en temps d'orage, de se mettre à l'abri sous des arbres ou de se tenir debout si l'on se trouve sur une hauteur ou dans une plaine dégarnie d'arbres, puisque les objets les plus élevés sont ceux où s'accumule la plus grande quantité d'électricité opposée à celle qui anime les nuages, et, par conséquent, ceux où il y aura le plus de motifs pour que l'étincelle électrique y éclate, ou, en d'autres termes, pour que la foudre y tombe. Si l'on est dans un édifice, on doit s'éloigner des portes, des croisées, des murailles, surtout des objets en métal, et chercher à se placer sur des corps non conducteurs de l'électricité, tels, par exemple, que des matelas.

La *foudre* se manifeste quelquefois sous une forme *sphéroïdale*. Ce phénomène, que l'on a aussi nommé *éclairs en boules*, consiste dans des

(1) *Traité d'électricité*, t. III, p. 191.

globes de feu qui se dirigent vers la terre, qui parfois rebondissent dans l'air, et dont la marche est beaucoup moins rapide que celle des éclairs ordinaires. Il est probablement dû à un état particulier de condensation de l'électricité (1).

On nomme *éclairs de chaleur* des lueurs intermittentes qui paraissent après le coucher du soleil dans les parties inférieures du ciel et qui ne sont pas accompagnées de tonnerre. Beaucoup de physiciens pensent que ce phénomène est dû à des éclairs ordinaires qui se produisent à une trop grande distance pour que l'on entende le bruit du tonnerre, tandis que la lumière se manifeste au loin par la voie de réflexion. Il y a tout lieu de croire que les choses se passent quelquefois ainsi ; car on apprend parfois qu'il y a eu des orages dans le moment et dans la direction où l'on a observé des éclairs de chaleur ; mais d'autres physiciens croient que cette explication ne peut s'appliquer à tous les cas et ils admettent que, dans certaines circonstances, surtout lorsque la température est élevée, le dégagement de l'électricité peut se faire avec manifestation de lumière sans qu'il se produise de bruit (2).

On donne le nom de **feu Saint-Elme,** anciennement *Castor et Pollux*, à des aigrettes lumineuses qui, dans les temps orageux, paraissent à l'extrémité des mâts et des vergues des vaisseaux, ou d'autres corps terminés en pointe. Or, d'après ce que nous venons de dire de l'électricité de l'atmosphère, et ce que l'on sait du pouvoir des pointes, on sent que ce phénomène est dû à l'électricité qui s'échappe par l'extrémité des corps dont il s'agit.

Les **aurores boréales,** qu'il est plus exact de nommer *aurores polaires*, puisqu'on en a aussi observé du côté du pôle austral, consistent dans une lumière qui, dans nos contrées, paraît ordinairement vers le pôle boréal trois ou quatre heures après le coucher du soleil. Ces phénomènes présentent beaucoup de variations dans leurs détails; cependant ils commencent, en général, par l'apparition d'une partie obscure plus ou moins étendue en forme de segment dont l'horizon serait la corde et dont le point culminant se trouve ordinairement dans le méridien magnétique. Ce segment est bordé par un arc lumineux d'un blanc brillant, quelquefois un peu bleuâtre, jaunâtre ou verdâtre. Le bord inférieur est bien limité, mais le bord supérieur s'efface à mesure que l'arc s'élargit; il arrive un moment où il se confond avec la clarté du ciel, et alors son éclat est très vif. On voit quelquefois, quand l'aurore

(1) Plantamour, *Bibl. univ. de Genève*, 1849, XI, III. Poey, *Annuaire de la Soc. météorologique*, 1855, III, 294.
(2) Voir le mémoire de M. Poey, *Annuaire de la Soc. météorol.*, 1855, III, 317.

est très brillante, un ou plusieurs autres arcs concentriques au premier. L'arc reste souvent visible pendant plusieurs heures; toutefois il n'est pas immobile, mais dans un mouvement perpétuel, s'élève, s'abaisse, s'étend, se rompt çà et là et lance des jets de lumière qui s'élancent avec rapidité jusqu'au milieu de la voûte du ciel en se divisant en plusieurs rayons. Quand ces rayons sont très nombreux et que ces lueurs palpitantes s'élèvent jusqu'au zénith, elles y forment une espèce de couronne dont le centre est sur le prolongement de l'aiguille d'inclinaison. Cette couronne forme la plus belle partie du phénomène. Tout le ciel semble une coupole en feu, portée par des colonnes de lumière diversement colorées. Lorsque les rayons sont dardés moins vivement, la couronne disparaît d'abord; çà et là on observe encore une pâle lueur qui augmente par moments, puis s'éteint, ainsi que l'arc lumineux.

Il est très rare de voir des aurores polaires dans les latitudes peu élevées; mais elles deviennent plus fréquentes à mesure que l'on s'approche des régions polaires. Il paraît aussi qu'elles sont beaucoup plus fréquentes à l'époque des équinoxes que dans les autres parties de l'année.

On n'a pas de notions positives sur l'altitude à laquelle se passent ces phénomènes. Mairan croyait qu'elle pouvait bien atteindre 150 myriamètres; on est porté maintenant à la réduire à une moyenne de 150 kilomètres, et il y a des observateurs qui pensent avoir vu des aurores boréales qui se passent à moins de 1 500 mètres d'altitude.

On a eu aussi beaucoup d'incertitude sur la cause de ces phénomènes, mais les rapports qui existent, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, entre la position des diverses parties des aurores boréales et le méridien magnétique, de même que les perturbations qu'éprouvent l'aiguille aimantée et les appareils télégraphiques, lorsque le phénomène se passe, ne permettent plus de douter que celui-ci ne soit dû au magnétisme et à l'électricité. M. de La Rive explique notamment son origine par la théorie suivante : les vapeurs qui s'élèvent constamment des mers, et principalement des mers équatoriales, emportent avec elles une quantité considérable d'électricité positive à laquelle elles servent de véhicules, laissant dans la partie solide du globe l'électricité négative. Ces vapeurs sont chassées vers les pôles par les vents alizés qui règnent constamment de l'équateur aux pôles dans les parties de l'atmosphère les plus éloignées de la terre. Elles y portent avec elles leur électricité positive et constituent ainsi toute l'atmosphère dans un état électrique différent de celui de la terre. Ces deux électricités ont une tendance continuelle à se neutraliser, et cette neutralisation s'opère, soit pendant le transport à tra-

vers la couche d'air, soit aux deux pôles où viennent converger et se condenser les courants de vapeurs entraînés par les vents. Ce dernier mode donne naissance aux aurores tandis que le premier, qui est plus ou moins actif suivant le degré plus ou moins grand de l'humidité de l'air, se manifeste souvent sous la forme d'orage par la chute de la foudre. Ce qui explique pourquoi les aurores sont plus fréquentes à la suite des saisons sèches.

L'**arc-en-ciel** ou *Iris* se compose d'un ou de plusieurs arcs présentant sept bandes respectivement colorées par chacune des sept couleurs du spectre solaire, et que l'on aperçoit sur des nuages qui se résolvent en pluie, lorsque ces nuages sont exposés aux rayons du soleil venant du côté où se trouve l'observateur. L'arc-en-ciel est ordinairement composé de deux arcs concentriques qui peuvent former le demi-cercle lorsque le soleil est à l'horizon, mais qui décroissent successivement à mesure que le soleil se trouve plus élevé, de manière que l'on ne voit plus qu'un arc lorsque le soleil est à 42° au dessus de l'horizon, et que l'on n'en aperçoit plus lorsque le soleil est au dessus de 51°. Un observateur placé sur une hauteur peut voir des portions d'arcs plus grandes que le demi-cercle. Il peut même, s'il est suffisamment élevé et dans certaines circonstances favorables, voir le cercle entier. Il peut aussi voir des arcs quand le soleil est plus bas que l'horizon.

La largeur de l'arc intérieur correspond à un diamètre apparent d'environ 2° 15′, celle de l'arc extérieur est de 3° 40′, et celle de l'espace qui les sépare de 8° 25′.

Les couleurs de l'arc intérieur sont disposées dans l'ordre suivant de bas en haut : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge; celles de l'arc extérieur sont en sens inverse, c'est à dire que c'est le violet qui se trouve en dehors; elles sont toujours moins vives que celles de l'arc intérieur. Mais, en général, les couleurs des arcs ne présentent tout leur éclat qu'autant que les nuages sur lesquels elles se projettent sont épais et, par conséquent, d'une teinte foncée.

Les phénomènes de l'arc-en-ciel sont dus à la décomposition des rayons du soleil qui traversent les gouttes d'eau disséminées dans l'atmosphère, et l'optique donne les moyens d'expliquer, de la manière la plus satisfaisante, toutes les circonstances de ces phénomènes, et de les soumettre au calcul. Nous nous dispenserons de reproduire ici ces explications qui se trouvent dans les ouvrages de physique, et qui, quoique reposant sur les règles les plus simples de l'optique, exigeraient des détails que ne comporte pas le plan de cet abrégé. Nous nous bornerons à dire que, quand les rayons lumineux tombent sur les gouttes

d'eau, dont la forme est sensiblement sphérique, et dont la densité est beaucoup plus considérable que celle de l'air, ils y subissent d'abord une réfraction. Quelques-uns de ces rayons ne traversant pas entièrement la goutte d'eau, sont réfléchis par son enveloppe, et éprouvent, en rentrant dans l'air, une nouvelle réfraction qui sépare les différentes couleurs selon l'ordre de leur réfrangibilité ; ce qui forme l'arc intérieur. Les rayons qui donnent naissance à l'arc extérieur éprouvent dans l'intérieur des gouttes de pluie deux réflexions consécutives, et l'effet de la seconde est de faire paraître les couleurs dans un ordre inverse. On peut de même concevoir l'apparition d'un troisième et d'un quatrième arc, en supposant que les rayons solaires subissent dans les gouttes de pluie trois ou quatre réflexions successives ; mais ces arcs devront paraître du même côté que le soleil, parce que, après trois ou quatre réflexions, les rayons sortent des globules d'eau du côté opposé à celui où ils sont entrés. Ces arcs sont fort peu visibles à cause de l'extrême affaiblissement de la lumière dans ces diverses réflexions. Aussi est-il excessivement rare que l'on voie plus de deux arcs.

On voit quelquefois pendant la nuit des arcs-en-ciel dus à la lumière de la lune, mais ils sont généralement peu colorés.

M. Kæmtz donne le nom d'**anthélie** à un phénomène aussi nommé *auréole terrestre*, *gloire*, *nebelbild*, et qui consiste dans ce que l'ombre d'un observateur qui se projette sur un nuage, sur du brouillard ou sur un champ couvert de rosée se trouve quelquefois entourée, surtout autour de la tête, d'une auréole lumineuse formée de cercles concentriques plus ou moins nuancés des couleurs de l'arc-en-ciel. Ce phénomène, qui s'observe assez rarement, et seulement lorsque le soleil est peu élevé sur l'horizon, est attribué à la diffraction de la lumière à travers les vapeurs visibles.

Les **couronnes**, que l'on a souvent confondues avec les halos sous les noms de *petits halos*, consistent, comme les anthélies, dans des auréoles lumineuses, mais qui se manifestent autour du soleil et de la lune lorsqu'il y a entre ces astres et l'observateur, des nuages qui ne sont pas assez épais pour empêcher la vue de l'astre. On remarque particulièrement les couronnes autour de la lune parce que l'éclat des rayons du soleil empêche ordinairement de les apercevoir autour du soleil. Elles sont peu étendues ; leur intérieur, c'est à dire l'espace qui avoisine le disque de la lune ou du soleil, est ordinairement d'un blanc qui devient rougeâtre sur les bords et présente quelquefois, surtout dans les couronnes solaires, des nuances de l'arc-en-ciel disposées par anneaux concentriques, mais jamais très vives. Fraunhofer a reconnu que ce phé-

nomène était aussi le résultat de la diffraction de la lumière entre les vapeurs qui composent les nuages.

Les **halos** proprement dits ou *grands halos* sont des phénomènes très compliqués qui font voir dans le voisinage du soleil ou de la lune des cercles plus ou moins incomplets, mais très étendus, puisqu'ils embrassent quelquefois un espace de 45 degrés; parmi ces cercles, dont le nombre est plus ou moins considérable selon les circonstances, il y en a qui ont le soleil pour centre, d'autres qui passent par le centre du disque de cet astre, et d'autres qui sont tangents aux premiers. Ces arcs de cercles sont quelquefois simplement blanchâtres; d'autres fois ils sont plus ou moins nuancés des couleurs de l'arc-en-ciel. Ces phénomènes, qui ne s'observent que quand le ciel est couvert de cirrus, sont considérés comme annonçant la pluie et paraissent être dus à la réflexion de la lumière sur les cristaux de neige qui composent les cirrus.

Quelquefois il se forme, sur quelques-uns des points où se croisent les cercles des halos, des images qui ressemblent à des soleils; c'est ce que l'on appelle **parhélies** ou *faux soleils*. Ce phénomène est extrêmement rare et paraît être dû à la même cause que l'apparition des halos.

D'autres fois c'est l'image de la lune qui se trouve multipliée, et alors le phénomène prend le nom de **parasélène**; toutefois il semble qu'il y a deux sortes de parasélènes : l'un, qui est aussi extrêmement rare, a lieu lorsque la lune est assez élevée à l'horizon, et est probablement dû à la même cause que les parhélies; l'autre, qui a lieu lorsque la lune se lève pendant l'après-midi d'une journée chaude. Dans ce dernier cas, qui est dû au phénomène du mirage, on ne voit que deux images de la lune, l'une vraie, l'autre fausse.

Ce phénomène du **mirage** consiste dans une illusion d'optique qui fait voir, dans certaines circonstances, de doubles images des objets. Ce phénomène a, entre autres, été souvent observé dans les plaines de la basse Égypte. Le soir et le matin on ne voit dans ces plaines que la terre autour de soi, et les villages ou les arbres qui s'offrent à la vue ne présentent autour d'eux rien de particulier; mais, lorsque la surface du sol est échauffée par les rayons du soleil, le terrain paraît terminé, à une distance d'environ 4 kilomètres, par une inondation générale. Les villages qui se trouvent au delà semblent être des îles situées au milieu d'un grand lac; et sous chaque objet on voit son image renversée, telle qu'on la verrait s'il y avait effectivement une surface d'eau réfléchissante. Mais, à mesure que l'on s'en approche, les bords de l'inondation

semblent reculer, et le mirage se reproduit pour les objets situés plus loin.

Ce phénomène s'explique aussi par les lois de la réfraction de la lumière : au milieu du jour, le sol étant très échauffé, la couche d'air qui est en contact avec lui acquiert une température très élevée; elle se dilate et se trouve à une densité plus faible que les couches qui reposent sur elle : or les rayons lumineux qui tombent sur cette couche dilatée sont réfléchis à sa surface comme sur un miroir; ils vont porter à l'œil de l'observateur l'image renversée des parties basses du ciel que l'on voit alors sur le prolongement des rayons qu'on a reçus, et, par conséquent, en dessous de l'horizon réel. Dans ce cas, si rien n'avertit de l'erreur, on juge seulement les limites de l'horizon plus basses et plus proche qu'elles ne le sont réellement. Mais, si quelque objet, tel que des villages, des arbres, etc., avertissent l'observateur que les limites de l'horizon sont plus reculées, et que le ciel ne s'abaisse pas à la profondeur où il le jugeait, l'image réfléchie du ciel paraît comme une surface réfléchissante sur laquelle les villages et les arbres envoient des rayons qui sont réfléchis comme l'auraient été les rayons venus de la partie du ciel interceptée par eux. Ces rayons donnent lieu à une image renversée au dessous des objets que l'on voit par les rayons directs. La limite à laquelle les rayons lumineux commencent à se réfléchir étant constante, et les rayons qui font le plus grand angle avec l'horizon devant paraître venir du point le plus voisin auquel commence le phénomène, ce point doit être à une distance constante de l'observateur; de sorte que, si celui-ci s'avance, le bord paraîtra s'éloigner, comme on l'observe effectivement.

Quelquefois le mirage s'opère latéralement; tel est le cas observé par Jurine, sur le lac de Genève, d'un bateau qui présentait deux images placées à une certaine distance, dirigées dans le même sens, et qui s'avançaient en même temps sur la surface de l'eau. Ce phénomène était produit par l'échauffement de l'air sur la pente des montagnes qui bordent cette partie du lac.

Parmi les autres phénomènes auxquels le mirage donne lieu, nous citerons celui d'objets qui, dans l'état ordinaire, sont invisibles d'un lieu, parce que leur vue est interceptée par une colline ou un autre obstacle, et que l'on aperçoit de ce même lieu par une journée chaude.

Les feux follets sont une lumière semblable à des flammes légères qui voltigent dans l'air à une petite distance du sol. Cette légèreté des feux follets est cause qu'ils sont entraînés par le moindre courant d'air; d'où l'on sent que les personnes qui veulent les atteindre les poussent

devant eux, et qu'ils sont, au contraire, attirés par les personnes qui veulent s'en éloigner, de même que nous voyons quelquefois sur les eaux des objets légers qui suivent un navire, ce qui a fait dire que les feux follets poursuivaient les personnes qui en avaient peur, et fuyaient celles qui les poursuivaient.

On a cru remarquer que ce phénomène paraît de préférence dans les endroits marécageux et dans les cimetières, ce qui a fait supposer qu'il était dû à des émanations de gaz hydrogène phosphoré. Du reste, on doit éviter de confondre les feux follets avec les fontaines ardentes, dont il sera parlé dans le livre suivant, et qui sont dues à la combustion du grisou.

On donne le nom de **bolides** ou *globes de feu* à des corps qui paraissent enflammés, qui se meuvent dans le ciel avec une extrême rapidité, et qui ont une grandeur apparente assez considérable pour ne point être confondue avec celle des étoiles; souvent on compare leur grandeur avec celle de la lune. On croit avoir reconnu que les bolides paraissent quelquefois à des distances beaucoup plus éloignées que les limites que l'on suppose à l'atmosphère, cependant M. Airy dit que presque tous ceux dont on a déterminé l'altitude se sont trouvés à une hauteur d'environ 65 kilomètres. Dans leurs mouvements, ils semblent lancer des étincelles, et laissent quelquefois derrière eux une queue brillante qui paraît être de la flamme retenue par la résistance de l'air. Souvent le bolide disparaît sans que l'on ait remarqué d'autres phénomènes; mais quelquefois on entend une ou plusieurs fortes détonations pareilles à celles de coups de canon de gros calibre; ces détonations sont suivies d'un roulement très fort, semblable à celui de plusieurs voitures roulant sur le pavé, et qui se prolonge pendant quelques minutes en suivant la direction qu'avait le bolide. Enfin, si l'on est suffisamment près du lieu où se passe le phénomène, on entend des sifflements et des bruits analogues à ceux que produit la chute des corps pesants, et on voit tomber des pierres en plus ou moins grande quantité; car quelquefois il n'en tombe qu'une ou deux; et, dans la chute qui a eu lieu à l'Aigle, en Normandie, le 26 avril 1803, on estime qu'il en est tombé plus de trois mille sur un espace long de plus de 2 myriamètres et large de près de 5 kilomètres. Ces pierres, que l'on nomme **aérolites** ou *météorites*, ont, au moment de leur chute, une température très élevée, et s'enfoncent plus ou moins dans le sol. Leur volume est très variable; il y en a de très petites, et Bowdich rapporte que celle qui est tombée, le 14 décembre 1807, près de Wiston en Connecticut, avait plusieurs mètres de longueur. Leurs formes sont irrégulières et ne présentent aucun carac-

tère particulier, sauf que leurs arêtes et leurs angles sont arrondis. A l'extérieur, elles sont généralement couvertes d'une écorce noire, quelquefois terne, d'autres fois luisante comme un vernis; l'intérieur est toujours terne, d'un gris plus ou moins foncé, rarement uni, souvent veiné ou tacheté de différentes manières. Leur texture est ordinairement grenue; quelquefois les grains sont très adhérents et comme fondus l'un dans l'autre; d'autres fois ils sont très distincts et se séparent facilement. On reconnaît aisément, dans ces pierres, le mélange de substances différentes, et on y aperçoit très souvent des grains de fer; on a cru aussi y reconnaître de petits cristaux de pyroxène et de labradonite.

La composition chimique des aérolites est très variable : leur élément le plus constant et le plus abondant est la silice, qui forme ordinairement plus du tiers du poids. On peut ensuite citer le fer, qui forme quelquefois près d'un autre tiers, mais qui s'y présente tantôt à l'état métallique, tantôt à l'état d'oxyde. On y trouve aussi de l'alumine, de la magnésie, de la chaux, de l'oxyde de manganèse, du nickel souvent à l'état d'oxyde, quelquefois à l'état métallique, du chrome ou de l'oxyde de chrome, du soufre, de la soude, de la potasse, du cuivre, du carbone; mais ces principes n'y sont pas constants, et les derniers, notamment, ne s'y trouvent que très rarement et en petite quantité.

L'origine des aérolites est un phénomène qui est encore loin d'être expliqué d'une manière satisfaisante, et pour lequel on a imaginé plusieurs hypothèses.

On a, entre autres, attribué ces corps à des volcans terrestres; mais cette hypothèse ne paraît pas soutenable lorsque l'on fait attention que les aérolites tombent dans des lieux extrêmement éloignés des volcans, qu'elles diffèrent de tous les produits volcaniques connus, et qu'il est impossible de supposer que des objets aussi lourds parcourent horizontalement l'atmosphère par des temps calmes et clairs comme ceux qui règnent souvent lorsque l'on voit passer les bolides.

D'autres ont supposé que les aérolites étaient produites par les volcans de la lune, et on a calculé, à cet égard, qu'un corps lancé de la lune avec une vitesse quintuple de celle d'un boulet de canon pouvait parvenir à un point de l'espace où l'attraction de la terre serait prépondérante à celle de la lune, de sorte que ce corps, au lieu de retomber sur la lune, serait entraîné vers la terre; mais cette hypothèse n'a en sa faveur que sa possibilité mathématique, et semble contraire aux observations. On peut objecter, entre autres, que, si, comme on l'a supposé, l'état d'inflammation des bolides était dû au frottement des masses pierreuses dans le fluide qu'elles traversent, cette inflammation aurait

surtout lieu vers la surface de la terre et non dans les hautes régions de l'atmosphère, où la résistance de l'air doit être à peu près nulle.

La même possibilité et les mêmes invraisemblances s'appliquent à l'hypothèse qui voit dans les aérolites des fragments de planètes ou de petits corps planétaires qui, se mouvant dans leurs orbites, peuvent quelquefois se trouver dans des points de l'espace où l'attraction de la terre peut les faire dévier de leur route ordinaire et les attirer à sa surface.

On a vu aussi, dans la formation des aérolites, le résultat de la condensation de matières volatiles qui flottent dans l'atmosphère; mais, quoique la formation des grêlons nous prouve que la nature a des moyens de produire des condensations dont il est difficile de se rendre raison, la circonstance que les aérolites paraissent venir de régions plus éloignées que les couches denses de l'atmosphère, et l'état de solidité rigide qu'elles ont acquis lorsqu'elles arrivent à la surface de la terre, ne permettent pas de croire qu'elles prennent leur origine dans notre atmosphère.

Ces diverses objections ne s'appliquent pas à la supposition que des matières élémentaires se condenseraient hors des limites de notre atmosphère et se trouveraient immédiatement attirées vers la surface de la terre. Il est même à remarquer, à cet égard, que cette hypothèse se trouve tout à fait en harmonie avec la manière dont on suppose que les astres ont été formés ainsi qu'on le verra dans la Géogénie.

Indépendamment des aérolites ordinaires, telles qu'elles ont été décrites ci-dessus, et dont on a souvent observé la chute sur la terre, on trouve à la surface de celle-ci, ou à de très petites profondeurs, des blocs de fer plus ou moins volumineux, que l'on appelle *fer météorique*, parce qu'on leur suppose la même origine qu'aux aérolites. Cependant leur chute n'est pas constatée par des observations aussi positives; mais, outre les rapprochements tirés de leur nature et de leur position, il est à remarquer que beaucoup de relations historiques parlent de blocs de fer tombés du ciel.

Nous ne croyons pas devoir quitter le sujet des aérolites sans dire quelques mots des phénomènes dont il est souvent parlé sous les noms de **pluie rouge**, *pluie de sang*, *pluie de cendres*, *pluie de manne*, etc. Dans le nombre des phénomènes qu'on a désignés de cette manière, il en est qui sont visiblement le résultat du transport, par les vents, de matières pulvérulentes, inorganiques ou organiques, lancées dans l'air par les volcans, ou enlevées soit du sol, soit des végétaux qui les ont produites. On a aussi considéré comme des pluies de sang des taches

rouges formées sur les murs par la liqueur que rejettent certains papillons lorsqu'ils passent de l'état de nymphe à celui d'insecte parfait; mais on rapporte dans les documents historiques tant d'exemples de *pluies* et de *neiges rouges* tombées avec des circonstances particulières, et notamment avec de grandes détonations, qu'il paraît que ce phénomène tient à quelques circonstances particulières, et si l'on rapproche de cette considération que l'analyse de la matière solide contenue dans une de ces pluies rouges, tombée, le 14 mars 1813, à Gerace, en Calabre, a présenté à M. Sementini une composition qui a beaucoup de ressemblance avec celle des aérolites, on est porté à rapprocher ce phénomène de la chute des aérolites. On conçoit, en effet, que, si ces dernières sont le résultat de la condensation de matières volatiles, ces matières, soit avant leur coagulation, soit même après qu'elles ont déjà pris une certaine adhérence, peuvent se trouver enveloppées dans un nuage électrique qui les délayera dans la matière aqueuse qui le compose.

Les documents historiques parlent aussi de chutes de corps mous et visqueux; mais aucun de ces corps n'a été suffisamment examiné pour que l'on puisse rapporter quelque chose de positif à leur sujet. Nous dirons seulement que l'on a souvent pris des plantes visqueuses, et notamment du nostoch, pour des produits atmosphériques.

On donne le nom d'**étoiles filantes** ou d'*étoiles tombantes* à des lumières qui se meuvent dans le ciel avec une extrême vitesse, et qui présentent, soit un point ou plutôt un trait lumineux, soit un diamètre apparent assez petit pour être encore comparé aux étoiles. Dans ce dernier cas, le corps principal laisse derrière lui, comme les bolides, une traînée lumineuse qui se dissipe plus lentement que la lumière principale. Ce phénomène ne dure ordinairement que quelques secondes; mais on cite des exemples où il a duré plusieurs minutes. Il se passe, à ce qu'il paraît, à des distances très différentes, et MM. Brandes et Benzenberg, qui ont fait des recherches à ce sujet, en tâchant de déterminer l'instant où une même lumière était aperçue de deux points éloignés, croient avoir observé qu'il y en avait à moins d'un myriamètre, et d'autres à plus de 50 myriamètres de la surface de la terre, de sorte que ce phénomène aurait tantôt lieu dans les limites et tantôt hors des limites que l'on assigne à l'atmosphère.

Il y a des nuits où le nombre des étoiles filantes est extrêmement considérable, et l'on a remarqué que leur plus grande abondance se reproduit périodiquement vers le 10 août et le 12 novembre, dates où l'on en a quelquefois compté plus de cent en une heure.

La nature des étoiles filantes est tout à fait inconnue; et, comme des phénomènes lumineux très différents qui se passeraient à une certaine distance peuvent nous offrir la même apparence, il est probable que l'on confond sous le nom d'étoiles filantes des choses qui n'ont de commun entre elles que la manifestation de la lumière. On conçoit notamment que des bolides vus d'une grande distance doivent présenter une apparence analogue à celle des étoiles filantes, du moins de celles dont le mouvement est dirigé vers la terre. Aussi a-t-on attribué les étoiles filantes à l'existence d'une immense quantité de petits corps ou astéroïdes qui, comme les planètes et les comètes, se meuvent autour du soleil, et qui pénétrant, à certaines époques, dans notre atmosphère s'y enflamment et deviennent invisibles; mais diverses circonstances, entre autres celle que la lumière se manifeste à des hauteurs supérieures à l'étendue de notre atmosphère, semblent rendre cette hypothèse inadmissible, de même que celle qui attribue les étoiles filantes à la combustion du gaz hydrogène. M. Wartmann (1) a émis l'idée que les étoiles filantes seraient dues à un dégagement d'électricité qui aurait lieu dans les hautes régions, or, quoique l'on n'ait aucun moyen de démontrer cette hypothèse, on ne peut disconvenir qu'elle rend parfaitement raison des apparitions soudaines et variées des étoiles filantes, et que, jusqu'à présent, on n'y a point opposé d'objection aussi forte que celles qui semblent devoir faire rejeter les autres explications proposées.

(1) *Bib. univ. de Genève*, 1837, XVI, 367.

CHAPITRE V.

DE L'INFLUENCE DES PHÉNOMÈNES MÉTÉOROLOGIQUES SUR LE BAROMÈTRE.

Observation préliminaire. — Quoique l'étude spéciale du baromètre et de ses usages appartienne à la physique, on s'occupe trop de cet instrument, à l'occasion des phénomènes météorologiques, pour que nous terminions ce livre sans dire quelques mots de ses variations.

Division des variations barométriques. — Les *variations* qu'éprouve la hauteur de la colonne barométrique peuvent se distinguer en deux catégories principales, selon qu'elles se reproduisent d'une manière *constante* ou d'une manière *accidentelle.* Les premières peuvent, de leur côté, se subdiviser en quatre modifications, selon qu'elles sont déterminées par l'*altitude*, par la *latitude*, par l'*heure* de la journée et par la *saison.*

Variations d'altitude. — Lorsque l'on transporte un baromètre dans des stations successivement plus élevées, on remarque que l'élévation de la colonne de mercure diminue successivement, mais que l'élévation qui correspond à l'abaissement successif d'une même quantité de cette colonne diminue aussi successivement. Ainsi, tandis que le premier centimètre d'abaissement, à partir du niveau de la mer, annoncera une augmentation d'altitude de 103 mètres, le 10e centimètre correspondra à 118, le 20e à 139, le 30e à 168 et le 40e à 213 mètres. Ce phénomène, sur lequel est fondée la mesure des montagnes à l'aide du baromètre, découverte qui a rendu de si grands services à la géologie, se conçoit facilement par la double considération que la colonne atmos-

phérique qui presse sur le baromètre devient successivement plus courte à mesure que l'instrument se trouve à une plus grande hauteur, et que la densité de l'air, ainsi que nous l'avons déjà dit, est successivement moindre à mesure que l'on s'élève.

Variations de latitude. — L'observation a prouvé que la hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer n'est pas la même sous les diverses latitudes. On évalue cette hauteur à 758 millimètres à l'équateur; elle augmente vers le 10e degré de latitude, et atteint son maximum entre les 30e et 40e degrés, où elle s'élève de 762 à 764 millimètres; elle diminue ensuite, de manière que, vers le 50e degré, elle n'est que de 760 millimètres, et que, dans les contrées plus septentrionales, elle descend à 756 millimètres environ.

On comprend qu'à l'équateur, d'où l'air s'écoule sans cesse vers les pôles, la pression doit être moindre qu'à la latitude de 30°, où la lutte du vent alizé supérieur du sud-ouest avec le vent alizé inférieur du nord-est doit déterminer une accumulation d'air; mais on ne se rend pas aussi facilement compte de la cause qui fait diminuer la pression dans les latitudes élevées. Probablement que cet effet est dû à l'influence qu'exerce la vapeur d'eau dans la pression atmosphérique, car la proportion de vapeur dans l'atmosphère diminuant de l'équateur au pôle, il y a, dans cette circonstance, une cause constante de diminution de pression.

Les **variations horaires** sont très sensibles dans la zone torride, où elles ne sont presque pas modifiées par des variations accidentelles; aussi Humboldt disait que l'on pourrait, en quelque manière, y déterminer l'heure à l'aide d'un baromètre. L'amplitude de ces variations diminue non seulement avec l'augmentation de la latitude, mais, dans nos contrées tempérées, elles sont tellement modifiées par les variations accidentelles, qu'on ne peut les y reconnaître que par les résultats moyens d'un grand nombre d'observations. M. Kæmtz évalue l'amplitude moyenne de ces variations à $2^{mm}.28$ sous l'équateur, à $0^{mm}.67$ sous le 48e degré, et il les considère comme nulles au nord du 63e degré de latitude boréale; cette amplitude décroît aussi assez rapidement avec l'altitude. M. Kæmtz conclut également de ses recherches que les termes extrêmes des variations horaires sont dans l'hémisphère boréal à $9^h 37'$ du matin, et $10^h 11'$ du soir pour la plus grande élévation, et à $4^h 5'$ du soir et $3^h 45'$ du matin pour le minimum.

La cause des variations horaires n'est pas facile à expliquer, car si elles résultaient du simple développement de la chaleur il n'y aurait qu'un seul maximum par jour au lieu de deux. Aussi quelques physi-

ciens avaient cherché cette cause dans l'attraction de la lune qui déterminerait des mouvements atmosphériques analogues au flux et au reflux de la mer; mais Laplace a démontré, par la théorie du mouvement des fluides, que cet effet ne pouvait produire sur le baromètre qu'une variation d'un dixième de millimètre; et, d'ailleurs, les heures de maximum ne coïncident pas, comme dans les marées, avec les positions de la lune qui pourraient produire cet effet. Voici l'explication que M. Hopkins a donnée de ce phénomène (1). « Le soleil en frappant la surface du sol le matin l'échauffe, augmente l'évaporation de l'humidité et cette vapeur accroît la pression de l'air et fait monter le baromètre. L'air chauffé s'élève en même temps, monte en courants verticaux et gagne une élévation telle, qu'il se refroidit, et que la vapeur qu'il contient se condense. Il se forme alors un nuage que la chaleur dégagée par la condensation de la vapeur rend plus léger que l'air. Cette vapeur, ainsi condensée, cesse de presser sur le mercure, de nouvelle vapeur s'élève et va condenser le nuage, qui s'épaissit peu à peu, en échauffant la masse d'air environnante par la chaleur dégagée par la condensation, cela rend la colonne atmosphérique plus légère et diminue la pression sur le mercure, ce qui dure d'ordinaire de 10 heures à 4 heures où le nuage cesse de se former. Cette première chute du baromètre est donc due à la condensation de la vapeur dans les hautes régions de l'atmosphère. Bientôt la vapeur cessant d'arriver de la surface, le nuage lui-même se vaporise, se refroidit, tombe, et l'air condensé fait de nouveau remonter le baromètre. Vers 10 heures du soir cet air saturé de vapeur arrive à la surface du sol refroidie par le rayonnement, une partie de la vapeur s'y condense sous la forme de rosée et l'atmosphère devenant un peu plus légère, le baromètre baisse légèrement jusque vers 5 heures du matin. »

Variations de saisons. — Les saisons exercent aussi une influence qui modifie plus ou moins les variations dont nous venons de parler. On remarque, en premier lieu, que la hauteur de la colonne barométrique est plus élevée en hiver qu'en été, et que l'amplitude de cette variation diminue avec l'accroissement de la latitude. C'est ainsi qu'à Calcutta la hauteur moyenne du baromètre est de $764^{mm}.57$ au mois de janvier, et de $747^{mm}.54$ au mois de juillet; tandis qu'à Paris elle est de $758^{mm}.86$ au mois de janvier, et de $754^{mm}.42$ au mois d'octobre. Le décroissement et l'accroissement entre ces termes extrêmes se font régulièrement dans la zone torride; mais, dans la zone tempérée, il y a une double période, c'est à dire qu'il y a un nouveau relèvement vers

(1) *Bibliothèque univ. de Genève*, 1846, II, 58.

l'équinoxe, lequel, toutefois, est moindre que celui de l'hiver, et qui est suivi par un second affaissement.

Les termes extrêmes des variations horaires sont aussi modifiés par les saisons, et M. Kæmtz a reconnu qu'à Halle, en Saxe, ces termes sont de deux heures plus rapprochés de midi en hiver qu'en été, c'est à dire qu'ils ont lieu deux heures plus tard le matin et deux heures plus tôt le soir, et que l'amplitude de ces variations n'y est que de $0^{mm}.363$ au mois de décembre, tandis qu'elle est de $0^{mm}.569$ au mois d'août.

On peut, en général, se rendre raison de ces diverses variations par les modifications que l'action calorifique du soleil sur l'atmosphère doit éprouver d'après les diverses positions de cet astre.

Les **variations accidentelles** sont beaucoup plus considérables que les variations constantes, du moins dans les zones tempérées, car nous avons déjà fait remarquer qu'elles sont presque nulles dans la zone torride. A l'observatoire de Paris, par exemple, le baromètre s'est élevé, en février 1821, à 781 millimètres, et il est descendu, en décembre de la même année, à 719 : ce sont les deux termes extrêmes qui ont été observés de 1785 à 1821, et il est très remarquable que ces deux extrêmes aient eu lieu pendant la même année. Du reste, il est fort rare de voir des différences aussi fortes ; et, au lieu de celle de 62 millimètres que présente l'année 1821, les années ordinaires s'écartent peu du terme moyen, qui, pour les années 1816 à 1825, est de 43 millimètres, la hauteur moyenne du maximum de ces mêmes années étant de 773 et celle du minimum de 730.

Ces variations sont assez généralement en rapport avec les phénomènes météorologiques, et souvent même les devancent, ce qui est cause que l'on a pris l'habitude d'attribuer au baromètre la propriété de prédire le temps.

On remarque effectivement, dans nos climats, que le baromètre se tient plus élevé lorsque le temps est beau et doit demeurer beau, tandis qu'il baisse lorsqu'il doit pleuvoir. Quelquefois ce mouvement de baisse précède la pluie d'un, de deux ou de trois jours ; au contraire, lorsque la pluie doit cesser pour faire place à un beau temps fixe, le baromètre remonte lentement, quelquefois un, deux ou même trois jours avant que la pluie cesse. Si, au contraire, le baromètre remonte rapidement, on conclut que le beau temps ne durera pas.

On a remarqué aussi que l'approche d'une tempête fait descendre rapidement le baromètre, et qu'il éprouve de grandes oscillations quand ce phénomène météorologique a lieu.

La direction des vents exerce aussi une grande influence sur la hau-

teur du baromètre, ainsi qu'on peut le voir par le tableau ci-après, qui exprime la hauteur moyenne du baromètre à midi à l'observatoire de Paris, distribuée selon les principaux vents qui ont régné de 1815 à 1826.

	Millimètres.		Millimètres.
Vent du nord-est	759.89	Vent d'ouest.	756.08
— du nord	759.76	— du sud.	754.60
— du nord-ouest . . .	758.67	— du sud.	752.98
— d'est.	738.04	— du sud-ouest. . . .	752.38
Moyenne. . .	756.42		

Ce qui toutefois est d'accord avec ce que nous venons de dire sur les rapports de la marche du baromètre avec le temps sec et le temps pluvieux, puisque les vents du nord-est et du nord sont ceux par lesquels il pleut le moins à Paris, et ceux du sud-ouest et du sud ceux par lesquels il pleut le plus.

Les causes des variations accidentelles du baromètre sont naturellement plus compliquées et plus difficiles à expliquer que celles des variations constantes, mais il y a lieu de croire qu'elles ont une origine analogue, c'est à dire qu'elles dérivent également des changements de densités de l'atmosphère occasionnés par l'action calorifique du soleil. On a vu ci-dessus que les vents étaient dus à l'échauffement inégal de l'air, et que l'on attribuait la pluie à la lutte de deux vents inégalement échauffés; or on conçoit, dans cette hypothèse, pourquoi l'abaissement du baromètre précède la pluie ou l'accompagne dans son commencement, puisque cette lutte accumule sur un point une plus grande quantité d'air et détermine une pression plus forte, et pourquoi cet abaissement est surtout considérable lorsqu'il doit y avoir une tempête ou un ouragan, puisque c'est alors que ces luttes des différents vents sont les plus fortes. Il est à remarquer, à cet égard, que l'on ne doit pas s'étonner, dans cette hypothèse, d'observer quelquefois de violentes perturbations barométriques sans éprouver de tempêtes ou de pluies, car ces derniers phénomènes, déterminant de violents courants atmosphériques dans l'atmosphère, donnent lieu à des courants qui occasionnent une augmentation de pression au delà des limites où s'étendent la tempête et la pluie; aussi, dans le cas des observations dont il s'agit, apprend-on souvent, après, qu'il y a eu de violentes tempêtes à des distances plus ou moins éloignées.

LIVRE V.

DE LA GÉOGÉNIE.

Division. — L'étude des phénomènes qui ont tendu et qui tendent encore à modifier la nature, la forme, la position ou la température des matériaux liquides et solides du globe terrestre peut être divisée en deux parties, selon qu'elle s'occupe de ceux de ces phénomènes qui ont lieu actuellement ou de ceux qui se sont passés dans des temps où l'état du globe était différent de ce qu'il est aujourd'hui.

CHAPITRE Ier.

DES PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES QUI ONT LIEU ACTUELLEMENT.

Division. — Les phénomènes géologiques qui ont lieu actuellement peuvent se ranger dans deux grandes catégories selon qu'ils se rapprochent de ce que les chimistes appellent la *voie humide* et la *voie sèche*, ou en d'autres termes selon que l'eau et le feu paraissent être les agents principaux qui concourent respectivement à leurs développements, d'où on les a désignés par les épithètes d'*aqueux* ou *neptuniens* et d'*ignés* ou *plutoniens*, mais on ne doit pas prendre ces dénominations dans un sens exclusif parce que l'eau, aidée par la chaleur, joue aussi un rôle important dans les phénomènes de la seconde catégorie (1).

Les subdivisions des **phénomènes neptuniens** peuvent de leur côté se distinguer par les épithètes de *mécaniques*, de *chimiques* et de *physiologiques*, en donnant aussi à ces dénominations un sens relatif plutôt qu'absolu.

Nous désignons les **phénomènes** qui donnent naissance aux terrains madréporique et tourbeux par l'épithète de **physiologiques**, parce que ces dépôts doivent leur origine à l'action des êtres vivants, soit *animaux*, soit *végétaux*.

Formation du terrain madréporique. — On a déjà vu que le

(1) On a reproché aux noms mythologiques de *neptuniens* et de *plutoniens* de ne point être scientifiques, mais ils ont l'avantage d'être moins inexacts que ceux d'*aqueux* et d'*ignés*, car, outre que ce n'est pas le feu proprement dit, mais seulement la chaleur, qui agit dans les phénomènes de la seconde catégorie, il est reconnu maintenant que l'eau joue aussi un rôle important dans ces phénomènes, tandis que l'on ne peut disconvenir que les deux catégories de phénomènes rappellent d'une manière assez exacte les deux empires que la mythologie grecque attribuait respectivement à Neptune et à Pluton.

terrain madréporique est composé de la partie solide de polypes appartenant principalement à la famille des madrépores. Ces petits animaux, travaillant en société dans les mers équinoxiales, finissent par donner naissance à des masses pierreuses considérables; mais, quelle que soit la puissance de l'association, il est difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de se rendre raison de ces constructions qui ne sont probablement pas aussi développées qu'on a été porté à le croire. On ne sait pas très bien en effet pourquoi les bancs de coraux prennent souvent la forme circulaire, du moins lorsque, comme ceux que l'on nomme *atolls*, ils n'entourent qu'un bassin d'eau, ni pourquoi ces bancs forment ordinairement des espèces de murs escarpés auprès desquels la mer atteint une profondeur immense.

D'un autre côté il paraît, d'après diverses observations, notamment d'après celles de MM. Quoy, Gaymard et Darwin, que les polypes, ayant besoin pour exister de sentir les effets de la lumière, ne peuvent s'établir à de grandes profondeurs, et que dix mètres, selon les uns, soixante, selon les autres, serait la plus grande profondeur où pourraient subsister les espèces susceptibles de construire des masses considérables. Quant aux débris inorganiques et organiques qui se trouvent dans la masse principale, et qui ne proviennent pas des polypes qui ont construit celles-ci, on conçoit qu'ils doivent leur origine soit au mouvement des eaux, soit à l'habitude où sont un grand nombre d'animaux marins de s'attacher sur d'autres corps et d'y terminer leur existence; on conçoit également que quand les polypes ont péri parce qu'ils avaient atteint le niveau des eaux, les mouvements extraordinaires de la mer dans les tempêtes et le séjour des mammifères et des oiseaux marins ont dû accumuler sur la surface des bancs des dépôts qui ont élevé ces bancs au dessus du niveau ordinaire des eaux et qui ont permis à la végétation de s'y établir.

Pour ce qui est des masses madréporiques que l'on a observées dans certaines îles de l'Océanie à un niveau supérieur à celui de la mer, il y a tout lieu de croire qu'elles ont été élevées par les phénomènes de soulèvement dont il sera parlé ci-après.

Formation du terrain tourbeux. — Nous avons déjà dit que, quand la tourbe n'était pas encore bien formée, on reconnaissait aisément qu'elle n'est composée que de végétaux. Mais les plantes que l'on distingue le mieux ne sont pas celles qui concourent le plus à sa formation, celles-ci étant, en général, des sphaignes, des conferves et d'autres petites plantes vivant au milieu de eaux, et dont la faible organisation se détruit facilement.

La tourbe ne se forme pas sous une température élevée; il paraît même qu'il n'en existe pas entre les tropiques ; elle est très rare dans le midi de l'Europe, mais devient de plus en plus abondante à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Dans l'hémisphère austral, on n'en a pas encore observé au nord du 45e degré de latitude. Elle ne se forme pas non plus indifféremment dans toutes les eaux. Il y a des marais qui en sont remplis, et d'autres qui n'en présentent aucune trace; de sorte qu'il est évident que ce n'est que sous des conditions particulières qu'elle peut être produite. En général, il ne s'en forme pas dans les eaux courantes, ni dans les masses d'eaux stagnantes profondes. Il ne s'en fait pas davantage dans les flaques d'eau qui peuvent se dessécher pendant l'été, ni dans les eaux qui renferment des sels en dissolution.

On n'a pas de données très positives sur le temps qu'il faut pourformer de la tourbe, et, par conséquent, sur l'âge des tourbières. Les médailles que l'on a trouvées à de grandes profondeurs dans la tourbe ont fait supposer que cette formation se faisait très rapidement; mais la mollesse que conservent presque toujours les dépôts tourbeux, la facilité avec laquelle ils se laissent traverser par des corps pesants, prouvent que ces corps peuvent s'y enfoncer à de grandes profondeurs, et se trouver, par conséquent, dans des dépôts beaucoup plus anciens que ceux dans lesquels ils sont tombés originairement.

Les expériences les plus directes qui aient été faites sur la production de la tourbe sont celles de Van Marum, qui a constaté que, en moins de cinq ans, il s'est formé plus d'un mètre de tourbe dans un bassin à Harlem. Du reste, la circonstance que l'on retrouve, au bout d'un certain temps, de la tourbe dans un endroit où elle avait été enlevée, ne prouve pas que ce laps de temps ait suffi pour sa formation ; car l'état de mollesse dans lequel se trouve presque toujours la tourbe lui fait partager, jusqu'à un certain point, la faculté qu'ont les liquides de remplir les vides formés à un même niveau.

Les **phénomènes** que nous considérons comme **mécaniques** peuvent aussi se subdiviser en deux catégories, selon qu'ils agissent sur les fluides ou sur les solides qui composent le globe terrestre.

Parmi les **phénomènes qui agissent sur les liquides**, nous ne nous occuperons pas ici de ceux qui se rapportent à l'évaporation et aux météores; mais nous nous bornerons à dire quelques mots des mouvements des eaux que nous envisagerons en premier lieu sur les terres, et ensuite dans les mers.

Mouvements des eaux sur les terres. — Lorsque les eaux météoriques arrivent à la surface de la terre, elles se divisent ordinaire-

ment en deux portions, l'une qui s'enfonce dans le sol, l'autre qui s'écoule à la surface, en suivant le sens des pentes, et qui finit par se rendre à la mer, si l'évaporation ou d'autres obstacles ne l'arrêtent dans son cours.

Les eaux qui s'introduisent dans le sol s'écoulent à travers les pores, les joints et les cavités qui se trouvent dans l'écorce du globe, reparaissent au jour par les **fontaines**, et se rendent également dans la mer, lorsqu'elles ne sont point arrêtées dans leur cours. Mais le phénomène des sources n'est pas toujours aussi simple qu'il le paraîtrait d'après cet exposé, car on voit quelquefois des fontaines qui donnent plus d'eau que ne semble en avoir reçu le sol qui leur est supérieur, et l'on doit supposer qu'il se passe dans les canaux intérieurs par où s'écoulent les eaux des phénomènes semblables à ceux que la physique nous montre dans les tubes capillaires, dans les siphons et dans les jets d'eau artificiels.

C'est aussi ce qu'annonce le phénomène des fontaines intermittentes, qui s'explique par la théorie des siphons d'une manière si satisfaisante, que les physiciens sont parvenus à l'imiter artificiellement.

Du reste, le nombre des fontaines et le volume d'eau qu'elles fournissent dépendent non seulement de la quantité de ce liquide que les phénomènes météoriques versent sur la contrée, mais aussi de l'élévation, de la forme, de la stucture et de la nature du sol, ainsi que de la végétation qui le recouvre. C'est ainsi que les neiges qui s'accumulent, l'hiver, sur les hautes montagnes et qui se fondent d'une manière plus ou moins lente, entretiennent continuellement des sources ou des courants d'eau autour de ces montagnes. Un effet analogue est aussi produit par la présence de la végétation et surtout par les forêts qui empêchent l'écoulement rapide des eaux pluviales, facilitent leur imbibition, préviennent le desséchement du sol, arrêtent l'évaporation et exercent probablement sur les vapeurs une action attractive qui détermine la formation de la pluie. On remarque également que les montagnes granitiques sont presque toujours arrosées par une infinité de petites sources, ce qui provient de ce que l'intérieur des dépôts granitiques consistant ordinairement en une grande masse cohérente, dont l'extérieur est très fendillé et entouré de parties désagrégées qui passent à l'état arénacé, les eaux météoriques s'infiltrent aisément à la surface du sol et sont bientôt arrêtées par la masse intérieure. Dans les montagnes formées de calcaire très cohérent, les fontaines sont rares, mais souvent très considérables, parce que l'eau ne peut l'imbiber, et s'écoule à travers les joints et les fentes, qui se prolongent à de grandes dis-

tances et aboutissent souvent à de vastes cavernes, qui forment de grands réservoirs souterrains. Dans les pays formés de couches horizontales, dont les unes sont facilement traversées par les eaux et dont les autres sont à peu près imperméables, on est presque toujours certain de voir des sources jaillir des flancs des collines au niveau des couches imperméables, et de trouver de l'eau lorsque, sur les plateaux ou dans les plaines, on enfonce des puits jusqu'à ce niveau. Dans les pays en couches inclinées, la présence des sources est aussi irrégulière que la stratification ; et, tandis que certaine pente d'une colline offrira des sources, la pente opposée n'en présentera aucune ; aussi, en creusant dans un lieu, trouvera-t-on de l'eau, tandis que, à quelques pas plus loin, on n'en trouvera pas.

Un autre phénomène remarquable est celui des **fontaines** dites **artésiennes,** parce que l'Artois paraît être la première contrée de l'Europe où l'on en ait fait usage. Ce phénomène consiste en ce que, en perçant un trou de sonde dans certaines localités qui quelquefois ne paraissent dominées par aucun autre lieu, on voit, lorsqu'on est parvenu à une profondeur qui varie selon les circonstances, jaillir un filet d'eau qui s'élève au dessus du sol.

Parmi les explications de ce phénomène, l'une des plus ingénieuses est celle donnée par Héricart de Thury (1) : elle consiste dans la supposition que, dans des couches qui se prolongent avec une certaine inclinaison d'un lieu vers un autre, il y a une cavité ou un banc perméable intercalé entre des bancs imperméables. On conçoit alors que le banc perméable ou la cavité produira le même effet que les tuyaux des jets d'eau artificiels, de sorte que, si l'on y adapte un tuyau vertical, l'eau tendra à s'élever dans ce tuyau à une hauteur égale à celle du point où la couche perméable se trouvera en communication directe avec un dépôt d'eau. Appliquant cette théorie au bassin de Paris, dont nous avons fait connaître la constitution géognostique, on concevra aisément que le prolongement sous la craie des marnes argileuses de la bordure du massif crétacé en Champagne et en Bourgogne pourrait faire jaillir de l'eau au sommet des plus hautes collines des environs de Paris, c'est à dire à une hauteur moindre que celle où les marnes se montrent au jour dans la Bourgogne. Jusqu'à présent cette théorie paraît suffisante pour expliquer les puits artésiens qui ont réussi.

On donne à Genève le nom de **Seiches** à des élévations subites qui

(1) *Considérations géologiques et physiques sur les causes du jaillissement des eaux des puits forés ou fontaines artificielles*, etc.

se manifestent quelquefois dans les eaux du lac. Ces élévations qui sont ordinairement peu sensibles, sont d'autant plus prononcées que le lac est plus resserré et atteignent parfois une hauteur de près de deux mètres. Elles ne durent qu'un instant, mais elles sont accompagnées d'oscillations assez prolongées dans le niveau. On a attribué la cause de ce phénomène à des coups de vent et à des variations dans la pression atmosphérique, mais il y a plutôt lieu d'admettre, avec Bertrand, qu'il est dû à l'action attractive de nuages électrisés. Un fait favorable à cette explication, c'est que le temps que l'eau met à monter au dessus de son niveau est d'autant moindre qu'elle s'élève plus haut et qu'au contraire elle met d'autant plus de temps à s'abaisser qu'elle s'est élevée plus haut.

Les **mouvements** qui se passent **dans les mers** peuvent se diviser en *mouvements constants* et en *mouvements accidentels*, selon qu'ils doivent leur origine à des causes permanentes qui agissent d'une manière constante sur le globe, ou à des causes passagères qui ne se renouvellent que dans certaines circonstances particulières. Parmi les premiers, on doit principalement distinguer ceux connus sous les noms de *marées* et de *courants*.

La **marée** est un mouvement qui porte les eaux de l'Océan à s'élever vers les côtes pendant environ six heures, et à redescendre pendant six autres heures. Le mouvement d'ascension s'appelle le *flux*, celui de descente le *reflux;* le moment où l'eau est le plus élevée s'appelle *mer pleine*, et celui où elle est le plus basse se nomme *basse mer*. La durée, l'époque et la puissance des marées sont sujettes à beaucoup de variations. En général, on compte que deux marées complètes embrassent moyennement un intervalle de vingt-quatre heures cinquante minutes vingt-huit secondes, c'est à dire que ce temps est égal à celui qui s'écoule entre deux passages de la lune à un même méridien; aussi le moment de la mer pleine correspond-il à peu près à ceux du passage de la lune au méridien du lieu et au méridien opposé, sauf un retard variable selon les lieux. Enfin, dans un même lieu, la marée est généralement plus forte à mesure que la lune approche de la terre, c'est à dire lorsqu'elle est à son périgée, et plus faible lorsqu'elle s'en éloigne, c'est à dire lorsqu'elle est à son apogée.

Cette coïncidence des mouvements de la marée avec ceux de la lune est une preuve incontestable que ce phénomène est dû à l'action attractive de la lune sur les eaux. On conçoit en effet que quand le mouvement de rotation de la terre amène les eaux du côté où se trouve la lune elles sont sollicitées à se rapprocher de cet astre. D'un autre côté le

calcul prouve qu'un effet analogue doit se produire au point diamétralement opposé, ce qui explique pourquoi le phénomène se produit également lorsque la lune passe au méridien opposé.

Le soleil exerce aussi une influence à cet égard, car les marées augmentent davantage lors des équinoxes, et sont aussi plus fortes aux époques des nouvelles et des pleines lunes, c'est à dire quand le soleil et la lune sont en conjonction et en opposition, qu'au premier et au dernier quartier; d'où il résulte que l'on peut calculer, d'après les mouvements de la lune, les principales circonstances de la marée dans un même lieu; et, comme ces circonstances sont très importantes pour la navigation, on a soin de faire ces calculs et de les publier pour chaque port, de même que l'on calcule le moment du lever et du coucher du soleil et de la lune.

Du reste, les règles générales que nous venons d'indiquer sont sujettes à beaucoup de variations, qui s'expliquent par les circonstances locales : c'est ainsi que le moment de la mer pleine arrivera après le passage de la lune au méridien, lorsque le mouvement général des eaux se trouvera arrêté par des obstacles placés sur le passage; c'est ainsi que dans un immense océan, comme celui qui baigne l'île d'Otahiti, la puissance de la marée ne sera que de 3 décimètres, tandis qu'elle sera de 15 et même de 22 mètres dans les lieux comme Saint-Malo et la baie de Fundy, où les eaux se trouvent refoulées entre des côtes qui forment comme une espèce d'entonnoir; c'est ainsi que la marée sera à peu près insensible dans des mers intérieures, comme la Baltique et la Méditerranée, qui, ne communiquant avec l'Océan que par des détroits très resserrés, ne peuvent ressentir l'influence de ses mouvements.

L'embouchure de certains fleuves et même de bras de mer présente, à l'époque des hautes marées, un phénomène que l'on appelle **mascaret** dans la Dordogne, *pororoca* dans l'Amazone, *barre de flot* dans la Seine, et qui consiste en ce qu'au moment du flux, les eaux forment des élévations semblables à une cascade qui remonte le fleuve avec rapidité et entraîne souvent la perte des navires. M. Babinet (1) attribue ce phénomène à la circonstance que le mouvement des vagues est d'autant moins rapide que l'eau est moins profonde, d'où il résulte que quand le fond d'un fleuve ou d'un bras de mer se relève, les vagues du flux ralentissent leurs mouvements, et ce ralentissement diminuant à chaque vague qui se superpose, il en résulte une accumulation qui produit cette espèce de montagne liquide.

Outre les mouvements en sens opposé du flux et du reflux, on re-

(1) Institut de France, 25 octobre 1852.

marque que certaines parties de la mer se meuvent d'une manière presque constante dans un sens déterminé, tandis que d'autres contiguës sont en repos ou sont mues dans un sens quelquefois opposé. Ces mouvements, qui s'appellent des **courants**, ressemblent à des fleuves qui coulent avec plus ou moins de vitesse au sein des mers.

Le plus étendu et en même temps le plus constant des courants est celui que l'on appelle *courant équatorial*, et qui imprime à presque toutes les mers de la zone torride un mouvement général dans la direction de l'est à l'ouest.

D'autres courants généraux, que l'on appelle souvent *courants polaires*, ont lieu des pôles vers les mers équatoriales.

Ces derniers courants paraissent dus à ce que, l'évaporation étant plus forte sous la zone torride que sous les zones glaciales et tempérées, il doit y avoir un mouvement constant des eaux des pôles vers l'équateur pour réparer les effets de cette perte.

D'un autre côté, comme plus les molécules placées vers la surface de la terre approchent des pôles, moins le cercle qu'elles décrivent dans le mouvement diurne est considérable, il en résulte que ces molécules, en avançant vers l'équateur, sont toujours, pendant un certain temps, animées d'une vitesse de rotation moindre que celle que comporte la position où elles se trouvent; de sorte que ces molécules semblent animées d'un mouvement contraire à celui de la marche de la terre, c'est à dire de l'est à l'ouest. De sorte que le grand courant équatorial aurait une cause analogue à celle des vents alizés ou vents d'est, qui règnent généralement dans les mers de la zone torride, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus p. 353. Peut-être aussi que ces vents, qui soufflent dans la même direction que le courant équatorial, donnent plus ou moins lieu à ce phénomène.

Du reste, on sent que la direction de ces courants généraux subit des déviations plus ou moins fortes, occasionnées par les obstacles contre lesquels ils viennent frapper. En effet, lorsque les eaux rencontrent des terres découvertes et des fonds élevés, au lieu d'obéir à l'impulsion dont elles étaient animées, elles prennent d'autres directions, selon la nature des obstacles, et peuvent même être repoussées dans un sens contraire à leur direction primitive. De sorte que l'on peut rencontrer un courant dirigé de l'ouest à l'est, qui ne serait qu'une modification du courant équatorial, dont le caractère primitif est d'aller de l'est à l'ouest. Ces directions déviées sont, de leur côté, dans le cas d'être modifiées par d'autres obstacles, ce qui fait que les mouvements généraux de l'est à l'ouest et du pôle à l'équateur peuvent donner naissance à des courants partiels qui varient à l'infini.

On donne le nom de *contre-courants* ou de *remous* aux courants qui marchent dans un sens opposé à un autre courant qui se trouve à côté, soit que le contre-courant résulte de la rencontre de deux courants qui avaient des directions différentes, soit qu'il provienne d'un même courant repoussé, en tout ou en partie, dans un sens contraire à sa direction primitive. Quelquefois les courants reviennent sur eux-mêmes en tournoyant; c'est ce qu'on appelle des *tournants d'eau;* phénomène qui est très dangereux pour les vaisseaux qui se laisseraient attirer dans cette espèce de tourbillon.

On a remarqué également que, dans un même lieu, les eaux de la mer ne sont point animées des mêmes mouvements à diverses profondeurs, mais que la partie supérieure peut couler dans un sens, tandis que la partie inférieure coule dans un sens différent, ou est stationnaire. M. Maury conclut même de ses observations que l'action des courants ne s'étend pas à une grande profondeur au dessous du niveau de la mer et qu'il existe une couche d'eau immobile dans le fond de l'Océan.

Il y a aussi des courants dont l'origine paraît être tout à fait indépendante du courant équatorial et du courant polaire, tel est celui qui traverse le détroit de Constantinople, et qui paraît avoir pour cause la circonstance que, les fleuves qui se jettent dans la mer Noire y amenant plus d'eau que l'évaporation n'en enlève, cette mer doit verser son trop plein dans la Méditerranée. Aussi a-t-on considéré ce courant comme une continuation du cours des fleuves qui traversent la mer Noire pour se rendre dans la Méditerranée.

Une grande partie de l'art de la navigation étant fondée sur la connaissance des courants, les marins étudient avec soin leur direction ainsi que leur vitesse, et indiquent ces circonstances sur leurs cartes. L'un des plus remarquables de ces courants partiels est celui qui sert à la traversée entre l'Amérique et l'Europe, et qui est connu, dans le golfe du Mexique, sous le nom de *Gulfstream.* Humboldt estimait la longueur du trajet parcouru par ce courant à 1 800 myriamètres, et il comptait que l'eau emploie deux ans et dix mois à le faire.

Les **mouvements accidentels** doivent principalement leur origine aux phénomènes météoriques dont nous avons parlé au chapitre précédent et aux mouvements du sol dont nous parlerons ci-après. On conçoit, en effet, que des vents violents, ainsi que des soulèvements ou des abaissements du sol, doivent déterminer dans les eaux de la mer des mouvements tout aussi irréguliers que les causes qui les produisent; on conçoit également que ces mouvements sont dans le cas de modifier plus ou moins les mouvements permanents, c'est ainsi, par exemple, que

quand la direction de vents impétueux coïncident avec une époque de haute marée, il en résulte quelquefois des inondations et des invasions de la mer dans les terres. Nous citerons aussi un de ces mouvements accidentels dont l'explication n'est pas aussi simple, c'est ce que l'on appelle *raz de marée*. Ce phénomène consiste dans une élévation subite de la mer qui atteint quelquefois une hauteur de plus d'un mètre au dessus de son niveau ordinaire. Ce phénomène qui est tout à fait indépendant des marées ordinaires était attribué par Peltier, comme les Seiches, à la puissance attractive d'un nuage électrique qui serait dans certains cas suffisante pour produire cet effet, mais qui le plus souvent se borne à attirer l'eau sous la forme de vapeurs.

Les **phénomènes qui agissent sur les solides** peuvent aussi se distinguer en deux catégories selon qu'ils s'exercent sur l'eau congelée ou sur les autres matériaux qui composent la croûte du globe. Dans la première se rangent les *avalanches*, l'*origine des glaciers* et celle des *glaces flottantes;* dans la seconde, la *formation des terrains détritique et alluvien*.

On donne le nom d'**avalanches** à de la neige qui se détache d'une montagne et glisse avec rapidité sur les flancs de celle-ci jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par un obstable. Les neiges qui se mettent en mouvement de cette manière, augmentant toujours en quantité dans leur course, forment souvent des amas considérables et prennent quelquefois une rapidité et une force d'impulsion telles, qu'elles renversent les habitations, abattent des forêts et entraînent des rochers entiers avec un fracas épouvantable. C'est à la fin de l'hiver que les avalanches sont le plus fréquentes et le plus dangereuses, parce que le ramollissement des neiges donne à celles-ci plus de tendance à glisser et plus de densité. Le moindre bruit ou le moindre mouvement sur le sommet d'une montagne suffit quelquefois pour déterminer une avalanche.

L'origine des glaciers, c'est à dire la cause qui fait que les neiges perpétuelles se transforment en glace et se maintiennent dans certaines vallées en dessous de leurs limites ordinaires, a beaucoup occupé les naturalistes sans qu'ils soient encore parvenus à se mettre d'accord, du moins pour ce qui concerne le mouvement progressif des glaciers, car la transformation de la neige en névé et ensuite en glace, se conçoit facilement par les alternatives de température qui suffisent en été pour déterminer la fonte d'une partie de la neige, l'imbibition de l'eau dans les parties solides et la congélation de cette eau.

Quant au mouvement des glaciers, on l'a souvent attribué à une simple action mécanique, analogue à celle qui donne naissance aux

avalanches, mais il est difficile, dans cette hypothèse, de se rendre raison de l'extrême lenteur de la marche des glaciers et de la manière dont ils demeurent quelquefois comme suspendus au dessus d'une précipice.

On a cru aussi pouvoir expliquer cette marche par une action intestine produite par la congélation de l'eau qui s'insinue dans les innombrables fissures microscopiques qui traversent la glace, et dont l'existence est attestée par la facilité avec laquelle celle-ci se brise en une multitude de petits fragments anguleux. On conçoit, en effet, que cette congélation doit déterminer dans la masse un développement de volume analogue à celui que l'on remarque quand l'eau de nos vases se transforme en glace; mais cette manière de voir est aussi sujette à de fortes objections, car l'observation a prouvé qu'en été, époque où la progression des glaciers est la plus intense, la température de ceux-ci n'est jamais assez basse pour déterminer la congélation de l'eau qui s'introduit dans leur intérieur.

D'un autre côté, J. D. Forbes supposait que les petites fissures qui traversent la glace en tous sens, lui donnent, malgré sa rigidité apparente, des rapports avec les corps visqueux ou plastiques, d'où il concluait que la masse de glace est douée de la faculté de se mouvoir lentement dans le sens de la pente du sol, ainsi que le font les corps visqueux. Cette manière de voir, combinée avec les observations postérieures de MM. Faraday et Tyndall sur le *regel* de la glace, c'est à dire sur la propriété qu'ont les morceaux de glace pressés les uns contre les autres de se ressouder à une température supérieure au zéro du thermomètre, rend assez bien raison des principaux phénomènes que présentent les glaciers, notamment de la lenteur de leur marche, quoique d'ailleurs cette marche se fasse comme celle des liquides, c'est à dire que le mouvement est plus lent sur les bords que dans le milieu du courant.

On conçoit au surplus que la progression des glaciers ne peut être indéfinie, car à mesure qu'ils descendent ils sont soumis à l'action d'une température plus élevée qui détermine la fonte de la glace. On sent également que le point où cette fonte devient complète varie selon la puissance de la masse et selon l'exposition du sol. Il varie aussi, pour un même glacier, selon que l'année est plus ou moins chaude, de sorte que la limite des glaciers suit les mêmes oscillations que la température générale. Cependant il paraît que les glaciers ont gagné en développement depuis trois ou quatre siècles, mais on verra dans le chapitre suivant qu'il a existé une époque où ils étaient beaucoup plus considérables et plus nombreux qu'actuellement.

Quant aux inégalités que présentent la surface des glaciers, a
grandes crevasses qui les traversent et aux craquements, semblables à des coups de canon, qui se font entendre lorsque ces crevasses se forment, ces phénomènes s'expliquent facilement par la marche de la glace combinée avec les inégalités du sol, d'autant plus que les crevasses s'élargissent par l'évaporation et par la fonte; phénomène dont les effets sont considérablement augmentés dans certaines circonstances par le passage des eaux et celui des vents.

La **conservation** de la glace **des tarinnes** ou *jattes de glace* (p. 23) est plus simple que celle des glaciers proprement dit, car ces amas étant toujours près d'une fontaine, on conçoit que dans des lieux disposés convenablement et où les hivers sont excessivement longs et rigoureux, il peut s'accumuler autour de la source une quantité de glace plus considérable que celle que la chaleur de l'été peut fondre, tandis que cette chaleur est suffisante pour faire disparaître les neiges ou les autres eaux congélées en quantité moins considérables.

Il est probable que c'est aux phénomènes des glaciers que l'on doit attribuer l'**origine** d'une grande partie **des glaces flottantes** que l'on voit dans les mers polaires, du moins de celles que leur volume fait ressembler à des montagnes; car il ne paraît pas que les glaces qui se forment à la surface de la mer en hiver pour se détacher en été puissent atteindre d'aussi énormes épaisseurs, tandis que l'on conçoit aisément que, quand des glaciers aboutissent à la mer, il doit souvent s'en détacher des masses immenses, qui sont dans le cas de flotter au gré des courants et des vents.

Formation des terrains détritique et **alluvien.** — Les eaux, les météores et les travaux de l'homme exercent sur les roches qui composent l'écorce du globe une action destructive qui, ordinairement ne change pas la nature des masses attaquées, mais qui les réduit en fragments de divers volumes, et qui transporte quelquefois ces débris dans d'autres lieux.

C'est à cette action que sont principalement dus les dépôts que nous avons désignés par les épithètes de détritiques et d'alluviens; du reste, ces deux groupes ne diffèrent que par leur mode de formation. Lorsque les roches se désagrégent sur place et que leurs débris ne sont pas transportés, ou bien lorsque l'homme désagrége des roches cohérentes ou ajoute à des dépôts naturels d'autres substances propres à les rendre fertiles, il se fait du terrain détritique; et, quand les eaux transportent ces débris dans un autre lieu, il se forme du terrain alluvien.

Ces opérations sont tellement simples, et nous sommes si souvent dans

le cas de les voir se passer sous nos yeux, qu'il est inutile d'entrer dans beaucoup de détails à leur égard. Du reste, on sent que le plus ou le moins d'importance de leurs résultats dépend de causes accidentelles; ainsi un escarpement coupé dans une roche meuble ou altérable s'éboulera de manière à former bientôt un talus, tandis que le même escarpement, coupé dans une roche résistante, demeurera des milliers d'années sans éprouver d'altération sensible. De même dans un sol plat, qui ne reçoit pas les eaux des lieux environnants, et qui se laisse facilement imbiber par les eaux pluviales, la même couche de terrain détritique préservera, pendant des siècles, le terrain inférieur de l'altération; tandis que, dans le même terrain, disposé d'une autre manière, le passage des eaux pluviales entraînera continuellement le terrain détritique aussitôt qu'il se sera formé, et entamera les dépôts inférieurs. En général, l'action des eaux tend à transporter les matières qui se trouvent dans des lieux élevés vers des points plus bas; mais les effets de cette action sont plus ou moins paralysés par diverses causes. La première est, sans contredit, la résistance que les roches cohérentes opposent à l'action des eaux; car les monuments historiques nous prouvent que les flots battent depuis des siècles sur certains rochers sans leur avoir fait éprouver de changements appréciables. D'un autre côté, il s'établit, entre l'action des eaux et la force d'inertie des matières solides, un équilibre tel que nous voyons souvent des cours d'eau serpenter au milieu des sables les plus mobiles et des limons les plus fins, sans les entraîner avec eux; et, sauf quelques exceptions résultant de la disposition de certaines roches à se laisser attaquer par les eaux, celles-ci n'exercent une action importante que qnand des causes météoriques leur ont donné plus de volume qu'elles n'en ont ordinairement, ou, en d'autres termes, lorsqu'il y a inondation; car plus les eaux ont de volume et de rapidité dans leurs mouvements, plus elles sont susceptibles de servir de véhicule aux matières solides. Du reste, ce transport des matières solides par les eaux n'est point indéfini, car ces matières tendent à se déposer successivement pendant toute leur course, en commençant par les fragments les plus gros et en finissant par les plus ténus, dès que le courant qui les a mis en mouvement devient moins rapide, lorsqu'il s'élargit ou lorsqu'il rencontre quelque obstacle. Il est à remarquer aussi que quand un cours d'eau attaque une de ses berges, il dépose ordinairement des débris sur la berge opposée, de manière que le lit perd d'un côté ce qu'il gagne de l'autre. On a remarqué également que le plus souvent les cours d'eaux, dirigés dans le sens du méridien attaquent leur berge occidentale, ce que l'on attribue au mouvement de rotation de la terre; mais cette règle est sujette à beau-

coup d'exceptions parce qu'il suffit d'un obstacle, tel qu'un rocher ou un tronc d'arbre, pour donner aux eaux une direction qui les portent à entamer la berge orientale plutôt que la berge occidentale.

Parmi les causes qui empêchent les sédiments entraînés par les eaux d'atteindre les profondeurs de la mer, l'une des plus importantes est l'eau stagnante ou animée d'un mouvement différent; il se fait alors, entre ces eaux et celles du courant, une espèce de choc dont le résultat est de faire déposer les matières solides que ces dernières tenaient en suspension. C'est à tel point que l'on voit les rivières qui entrent très sales dans un lac en sortir très claires. Le choc doit être encore plus énergique lors de la rencontre des eaux des fleuves avec celles de la mer, puisque celles-ci sont souvent animées par la marée d'un mouvement en sens contraire. Aussi voit-on rarement les eaux de la mer troublées à une certaine distance des côtes, de sorte qu'il est probable que les matières solides que les cours d'eau transportent jusqu'à la mer ne s'étendent pas fort avant sous cette dernière, et qu'elles se déposent ordinairement vers l'embouchure du cours d'eau qui les a amenées en s'étendant quelquefois plus ou moins loin le long des côtes lorsqu'elles y sont poussées par les courants. C'est ce phénomène qui donne naissance aux barres, aux deltas et aux queues de lacs, dépôts qui présentent en général des pentes si faibles que l'on dit ordinairement que leur surface est horizontale.

La circonstance que les eaux de la mer sont rarement troublées est une présomption en faveur de l'opinion émise par M. Maury (page 398), que les courants ne se font pas sentir à une grande profondeur et que le fond de la mer est protégé contre l'érosion par une couche d'eau immobile.

On donne le nom générique d'**atterrissements** aux nouvelles terres qui se forment de cette manière dans les lieux qui étaient auparavant couverts d'eau. Lorsque les atterrissements sont assez élevés pour atteindre le niveau ordinaire des eaux, ils ne reçoivent plus de nouveaux dépôts que quand il y a inondation; mais les matières plus ou moins légères qui entrent dans leur composition devant tendre successivement à s'affaisser en se consolidant, on conçoit qu'il faut une succession nombreuse d'inondations pour former un atterrissement, et, comme il arrive de temps en temps des inondations plus élevées que celles qui ont lieu ordinairement, on sent que les atterrissements demeurent pendant longtemps susceptibles d'être recouverts accidentellement par les eaux. D'un autre côté, ces atterrissements étant, en général, très fertiles, les hommes se sont empressés de les cultiver; et, pour empêcher que de nouvelles inondations ne vinssent détruire le fruit de leurs travaux, ils les ont

défendus par des digues que l'on a dû successivement exhausser, parce que les atterrissements se sont affaissés en se consolidant. Telle est l'origine des terres appelées *polders* dans les plaines situées aux embouchures de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, l'un des plus beaux monuments de l'industrie humaine, qui conserve des champs couverts de la plus brillante végétation au dessous du niveau des eaux. Mais les digues dont on a entouré les atterrissements ont contrarié, disait Deluc, le travail de la nature, en empêchant que de nouvelles inondations amenassent de nouveaux dépôts, qui auraient réparé les affaissements résultant de la consolidation des atterrissements. Elles ont ainsi donné lieu à de funestes événements occasionnés par les eaux, qui, poussées par les vents, rompaient les digues; ce qui a fait dire que la mer gagnait sur les continents, tandis qu'elle n'a fait, comme l'observait encore Deluc, que reprendre une partie de ce qu'elle avait perdu.

Érosion des falaises. — Lorsqu'une côte est terminée par une falaise composée de roches friables, et que la disposition des mouvements de la mer est telle que les eaux soient dans le cas d'emporter plutôt que d'apporter des débris, ces eaux, en venant battre contre la falaise, en détachent continuellement de petites parties, et alors, bien loin de former des atterrissements qui augmentent l'étendue des terres, la mer avance sur celles-ci; mais il ne paraît pas que cette cause produise des changements très considérables, d'autant plus que, si les matières friables qui forment la falaise renferment des portions plus tenaces, celles-ci retombent au pied de la falaise, et l'agitation des flots les transforme en cailloux roulés, qui finissent par former l'espèce de bourrelet que l'on nomme *galets*, et qui préserve la falaise de l'action des eaux lorsque celles-ci ne dépassent pas leur niveau ordinaire.

Formation des dunes. — Si, au contraire, les côtes sont basses, formées de dépôts arénacés, et que le mouvement des eaux soit disposé convenablement, il s'élève le long de ces côtes une autre espèce de bourrelet dont nous avons déjà parlé (pages 17 et 225) sous le nom de *dunes*, et qui est composé d'une réunion de petites collines accumulées les unes à côté des autres, lesquelles atteignent quelquefois une hauteur de cinquante mètres. Les dunes sont ordinairement composées de sables mouvants, et, quand les circonstances sont favorables à leur formation, elles ont, vers l'intérieur des terres, un mouvement progressif que l'industrie de l'homme cherche à arrêter en fixant les sables au moyen de la végétation. Bremontier avait estimé que, dans les dunes qui bordent les landes de Gascogne, cet avancement est d'environ vingt mètres par an, chiffre que l'on considère cependant

comme exagéré (1), et qui d'ailleurs est souvent modifié ou même arrêté momentanément par diverses circonstances accidentelles. On attribue ordinairement la formation des dunes à l'action combinée des vagues de la mer et des vents. Les premières poussent les sables vers la côte; une partie de ce sable, qui se dessèche lors du reflux, est ensuite poussée vers l'intérieur des terres chaque fois que le vent souffle dans une direction convenable; ce qui explique pourquoi la formation des dunes exige non seulement l'existence d'une plage sableuse, mais aussi une position telle que cette plage soit dans le cas d'être battue par des vents dont la direction dominante pousse de la mer vers l'intérieur des terres. Probablement qu'il se forme aussi des dunes par un phénomène inverse, c'est à dire que, quand une plaine sableuse aboutit à la mer, les vents poussent le sable vers cette dernière, où sa marche est arrêtée tant par le mouvement des vagues que par l'adhérence que contracte le sable lorsqu'il est mouillé, adhérence qui, par l'effet de la capillarité, doit s'élever à un niveau supérieur à celui des hautes marées, ce qui doit donner naissance à un premier bourrelet, dont la réaction sur le vent chargé de sable peut occasionner la formation d'une seconde ligne d'éminences, et ainsi de suite.

Dans les contrées où le sol est couvert de sable et où il pleut rarement, les vents exercent aussi, à eux seuls, une action qui modifie l'état de la surface du globe. En effet, les **sables** de ces contrées demeurant ordinairement **mobiles**, ils sont mis en mouvement lorsqu'il s'élève des vents violents. Il paraît que le résultat de cet ordre de choses est d'étendre le domaine de ces dépôts arénacés, lorsque l'industrie de l'homme n'y met point d'obstacle; car l'Orient nous montre maintenant de vastes déserts de sable dans des lieux que les monuments historiques nous prouvent avoir été couverts d'une population nombreuse. Du reste, cet accroissement des déserts ne dépend probablement pas d'une simple action mécanique, mais il paraît qu'il y a une réaction météorologique qui consiste en ce que les sables, en s'étendant, diminuent la végétation, que l'on croit être une cause favorable à la production de la pluie; de sorte que, la quantité de pluie diminuant, le sol se tient plus sec, favorise le desséchement, et par conséquent la mobilité et le mouvement des dépôts de sable.

Origine des moraines. — Les glaciers exercent aussi une action sur les matières pierreuses et terreuses; car, dans leur marche, ils usent les flancs des vallées dans lesquelles ils sont renfermés, ainsi que le sol

(1) Pigeon, *Annales des mines*, 1849, XVI, 274.

sur lequel ils reposent, et poussent en avant les parties du sol qui ne sont pas très adhérentes à la masse principale. D'un autre côté, toutes les matières qui tombent sur les glaciers, ou qui y sont entraînées et qui ne sont pas rejetées sur les bords, sont transportées jusqu'aux points où la fonte totale des glaces fait cesser l'action du glacier, et elles y forment les dépôts dont nous avons parlé (p. 222) sous le nom de moraines terminales. On sent, d'après ce mode de formation, que ces moraines doivent présenter un assemblage de gros et de petits fragments disposés sans aucun ordre, en quoi elles diffèrent des atterrissements, dans lesquels il y a ordinairement un certain ordre de disposition déterminé par le volume et la densité des fragments. On conçoit aussi que, quand les glaciers diminuent d'étendue, leurs moraines terminales doivent se déposer à une distance plus rapprochée du commencement du glacier, ce qui explique pourquoi l'on voit souvent, au pied même du glacier, plusieurs moraines en forme de digues parallèles. Quant aux moraines médianes, elles ont été originairement des moraines latérales de glaciers particuliers situés dans des vallées séparées qui se réunissent dans la suite de leur cours. Ces moraines, ou plutôt les blocs qui en font partie, se présentent quelquefois comme des *tables* qui s'élèvent sur un piédestal de glace; disposition qui provient de ce que le bloc empêchant l'action directe du soleil, ainsi que celle des pluies et du vent, de s'exercer sur la glace qu'il recouvre, celle-ci ne se fond pas et ne s'évapore pas comme celle dont la surface est à découvert.

Tous les **phénomènes chimiques** qui se passent dans l'écorce du globe pourraient, à la rigueur, être considérés comme des phénomènes géologiques, puisqu'ils influent plus ou moins sur l'état de cette écorce; mais si nous parlions de tous ces phénomènes, nous serions dans le cas de répéter une foule de détails qui doivent être traités dans les ouvrages de chimie et de physique.

Nous ne nous occuperons, en conséquence, que de ceux de ces phénomènes qui donnent naissance aux dépôts modernes et nous ferons remarquer, en premier lieu, que la **formation des roches cohérentes du terrain alluvien** est un intermédiaire entre les phénomènes mécaniques et les phénomènes chimiques; cette formation étant d'abord préparée par la division et par le transport des roches préexistantes, tandis que l'agglomération des fragments est opérée par des matières plus ou moins dissoutes, c'est à dire qui ont subi l'action d'une force chimique.

Quant aux causes qui donnent lieu à la dissolution et ensuite à la consolidation de ces matières, elles sont les mêmes que celles qui déter-

minent la **formation du terrain tufacé,** la seule différence est que dans ce dernier les matières dissoutes n'agglutinent en se solidifiant que peu ou point de matières déjà cohérentes, tandis que dans les roches considérées comme alluviennes ce sont les fragments de ces matières qui forment la partie principale.

Le plus commun de ces phénomènes est la **formation du tuf** et **des autres dépôts calcareux,** car la plupart des eaux qui sortent du sein de la terre déposent du calcaire soit naturellement, soit par l'échauffement artificiel; mais il paraît que la propriété de former des dépôts a considérablement diminué. En effet, outre que l'on voit des dépôts de tuf dans des lieux où il ne s'en forme plus, les formations de cette matière qui ont encore lieu, du moins dans les terres, sont, en général, trop faibles pour que l'on puisse croire que la continuation des phénomènes actuels ait pu donner naissance aux masses de tuf que l'on voit dans les environs.

Un des lieux où la formation du tuf peut être le mieux observée est près de Tivoli, on y voit de petits lacs au milieu d'une plaine qui paraît être l'emplacement d'un grand lac comblé par le calcaire concrétionné dont nous avons parlé sous le nom de travertin. L'un de ces petits lacs est appelé *lago de' Tartari*, à cause des singuliers amas de concrétions fistuleuses qui l'entourent; un autre est appelé *lac de la Solfatare,* parce que ses eaux sont fortement imprégnées d'acide sulfhydrique, et déposent une si grande quantité de matières calcaires, qu'elles auraient probablement déjà achevé de combler la plaine si on n'y avait creusé un canal qu'on est obligé, dit Breislack (1), de nettoyer tous les trois ans, malgré sa largeur et sa profondeur.

Parmi les formes que prennent les dépôts des eaux chargées de carbonate calcique, les espèces de mamelons très allongés, que l'on a nommés *stalactites*, ont surtout attiré l'attention des naturalistes, parce qu'elles décorent ordinairement les plafonds des cavités souterraines d'une manière plus ou moins brillante. On peut concevoir pourquoi ces concrétions prennent cette forme, en se rappelant qu'une goutte d'eau, qui suinte à travers un corps en dessous duquel se trouve un vide, y prend, avant de tomber, la forme d'un petit cône, et que, si cette eau est chargée de molécules susceptibles de se solidifier, soit par l'évaporation, soit par d'autres circonstances, il se formera à la base de ce cône un petit anneau qui, en s'allongeant, devient un tube, lequel finit ordinairement par s'obstruer à mesure que l'accroissement continue.

(1) *Voyage dans la Campanie*, etc., t. II, p. 263; Paris, 1801.

Les eaux qui tombent par l'extrémité inférieure des stalactites déposent sur le sol une matière solide qui tend à s'accroître dans un sens contraire à celui de la stalactite, c'est à dire de bas en haut : ces dépôts sont ordinairement nommés *stalagmites*, et on sent qu'il peut arriver un moment où la stalactite et la stalagmite se réunissent de manière à former une colonne irrégulière, qui tendra à s'élargir tant que continuera le suintement de l'eau chargée de molécules calcaires.

Il arrive quelquefois que ces eaux tombent sur le sol avec des circonstances qui, au lieu de permettre la formation des stalagmites, déterminent celle de grains ou de cailloux, qui ont souvent pour centre un grain de sable ou un autre petit corps solide autour duquel la matière calcaire s'incruste par lames successives, qui sont maintenues dans une forme globuleuse par l'agitation dans laquelle la chute de l'eau entretient continuellement ces grains, auxquels on a donné le nom de *pisolites*. La formation des pisolites peut aussi avoir lieu par la simple agitation que produit la sortie de l'eau dans les sources.

Le plus souvent, les eaux chargées de carbonate calcique ne déposent que des enduits sur les corps qu'elles atteignent avec des circonstances favorables, et l'on voit des dépôts de tufs qui ne sont que le résultat de l'incrustation de végétaux, surtout de mousses, qui croissent volontiers dans les lieux humectés par ces eaux. M. Virlet rapporte aussi (1) que dans le lac de Tescoco au Mexique, où il se produit beaucoup d'œufs d'hydrocorises, ces œufs se recouvrent d'incrustations calcaires et forment alors des masses analogues aux oolites.

Dans quelques localités, notamment à la fontaine Sainte-Allyre en Auvergne et aux bains de Saint-Philippe en Toscane, on fait tomber l'eau chargée de carbonate calcique sur des moules de bas-reliefs ou sur d'autres objets tels que des nids d'oiseaux, des paniers contenant des fruits et on obtient de cette manière des bas-reliefs naturels et d'autres incrustations que l'on vend sous le nom impropre de pétrifications.

La cause qui donne à certaines eaux la faculté de se charger de carbonate calcique n'est pas bien connue; on l'attribue néanmoins à la présence de l'acide carbonique et d'autres fois de l'acide sulfhydrique, qui donnent aux eaux la propriété de dissoudre le carbonate calcique; et on suppose que, quand l'eau arrive au jour, quand elle est agitée ou quand elle est mise en ébullition, l'acide carbonique se dégage, ce qui

(1) *Bulletin de la Soc. Géol. de France*, 1857, XV, 201.

fait précipiter le carbonate calcique. Mais cette explication ne fait qu'indiquer le moyen d'exécution, sans rien dire sur la cause du phénomène; car, de même qu'avant de savoir que c'est l'acide carbonique qui donne cette propriété dissolvante, on devait se demander pourquoi certaines eaux jouissent de cette propriété; maintenant, on doit se demander pourquoi certaines eaux sont imprégnées d'acide carbonique ou d'acide sulfhydrique. Or c'est là une question à laquelle on ne peut encore répondre d'une manière positive; cependant, quand on fait attention que les eaux qui déposent les concrétions calcaires arrivent au jour imprégnées de cette substance, de la même manière que les eaux minérales, qui ne diffèrent des premières que par la nature des principes combinés avec l'eau, et que les lieux où il se forme maintenant le plus de terrain tufacé, soit terrestre, soit marin, sont ordinairement placés dans les mêmes circonstances que ceux où se trouvent les eaux minérales, on ne peut s'empêcher de supposer que le phénomène qui imprègne les eaux de carbonate calcique doit être analogue à celui qui imprègne les eaux minérales d'autres principes, du moins pour ce qui concerne les sources les plus remarquables; car il paraît que, dans certains cas, les eaux se chargent de carbonate calcique sans le concours des circonstances que nous supposons agir sur les eaux minérales, puisque l'on trouve presque toujours de cette matière dans les eaux des puits creusés dans un sol meuble ou peu cohérent qui renferme des particules calcaires; et nous voyons que la formation des stalactites a encore lieu dans les cavités souterraines où les eaux semblent s'être chargées de carbonate calcique, uniquement en traversant la voûte de ces cavités. On pourrait aussi citer les concrétions calcaires qui se forment sous nos voûtes artificielles; mais l'origine de celles-ci se conçoit facilement, attendu que les eaux, en filtrant à travers le mortier, y rencontrent de la chaux que l'on sait être soluble dans une certaine proportion, et que les molécules qu'elles entraînent à l'état de dissolution, se transformant ensuite en carbonate, doivent se précipiter lorsqu'elles sont mises en contact avec l'air.

La formation des dépôts ferrugineux est analogue à celle des dépôts calcareux, du moins celle des incrustations qui se font autour des sources minérales dans lesquelles le carbonate de fer paraît être tenu en dissolution par un excès d'acide carbonique qui se dégage au contact de l'air en laissant précipiter l'hydrate ferrique. Quant aux dépôts de minerais des marais et des lacs, on conçoit également que l'eau qui s'est chargée d'acide carbonique peut aussi dissoudre les parties ferrugineuses qu'elle rencontre et les déposer, par suite de l'éva-

poration ou de réactions chimiques, dans les lieux où elle s'arrête; mais il paraît qu'il y a, pour la formation de ces minerais, un autre agent plus abondant que l'acide carbonique, c'est l'acide crénique, qui se forme par la décomposition des matières végétales; cet acide dissous les parties ferrugineuses des matières végétales ainsi que celles des terres et se décomposant ensuite, laisse précipiter de l'hydrate ferrique, ce qui explique pourquoi ces minerais se trouvent de préférence dans les contrées tourbeuses.

Quant à la **formation des dépôts de soufre** elle résulte de la décomposition de l'acide sulfhydrique des eaux sulfureuses; et l'origine des dépôts de sulfates est due à la décomposition des sulfures, mais ce dernier phénomène est ordinairement restreint aux lieux où les travaux de l'homme exposent les sulfures à l'action de l'atmosphère, parce que, quand ces corps sont tout à fait abandonnés à eux-mêmes, la décomposition des parties supérieures finit, au bout d'un certain temps, par couvrir les parties susceptibles d'altération d'un dépôt devenu inaltérable et qui préserve les parties intérieures.

La **formation des dépôts siliceux** est encore plus restreinte que celles dont nous venons de parler et elle a même été niée pendant longtemps; mais on ne peut plus contester maintenant que certaines eaux thermales, notamment celles des Geisers en Islande, contiennent de la silice en dissolution et donnent naissance à des concrétions formées d'une variété d'opale que l'on a nommée geyserite. D'un autre côté les expériences modernes ont prouvé que l'eau surchauffée au moyen de la compression a la propriété de dissoudre la silice et ce qui se passe dans la consolidation des mortiers nous donne un exemple de l'agglutination de la silice par la voie humide.

Quelqu'importante que soit la cristallisation au point de vue de la physique, nous ne parlerons ici de la **formation des cristaux par la voie humide** que pour faire remarquer qu'elle n'exerce maintenant qu'une faible influence sur l'écorce du globe et qu'elle semble se réduire à la production de petits cristaux de substances plus ou moins solubles, ordinairement groupés sous les formes d'aiguilles, de filaments, de houppes ou de dendrites, et qui, le plus souvent, se redissolvent et se cristallisent de nouveau, selon l'état d'humidité ou de sécheresse des lieux; tel est notamment le cas du selmarin et du natron, qui imprègnent les sables de différentes plaines d'Asie et d'Afrique. Tel est aussi le cas des nitrates qui se forment à la surface de plusieurs matières pierreuses, surtout par la décomposition des matières animales. M. Daubrée a aussi reconnu, dans ces derniers temps, que l'action des eaux thermales de

Plombières avait donné naissance à des cristaux de zéolites dans d'anciens travaux exécutés par les Romains (1).

L'origine des eaux minérales et thermales, est un phénomène qui nous semble appartenir presque autant à la division des phénomènes ignés qu'à celle des phénomènes aqueux proprement dits. En effet, lorsque l'on fait attention que les principes dont ces eaux sont imprégnées n'ont ordinairement aucun rapport avec les terrains dont on les voit sortir, mais que celles qui sont dans le voisinage des volcans contiennent les mêmes gaz que ceux qui se dégagent de ces derniers (2), et lorsque l'on se rappelle qu'une même source a ordinairement une composition et une température à peu près constantes, on ne peut attribuer cette composition, non plus que la haute température de plusieurs de ces sources, à des dissolutions, à des combinaisons ou à des décompositions qui s'opéreraient accidentellement dans la partie supérieure de l'écorce du globe. D'un autre côté, lorsque l'on remarque que ces sources se trouvent le plus communément dans les terrains plutoniens, et lorsque, ainsi que nous essayerons tout à l'heure de le faire admettre, on attribue les phénomènes volcaniques à des émanations qui partent d'une portion du globe terrestre dont la température est excessivement élevée, on regardera comme très probable que, de même qu'il y a dans la croûte du globe des canaux disposés de manière à laisser passer les matières gazeuses, liquides et solides que rejettent les volcans, il peut aussi y avoir d'autres tuyaux disposés de manière à ne laisser passer que les émanations gazeuses, et comme l'eau à l'état de vapeur, forme le principal élément de ces émanations; on conçoit que celle-ci se condense en traversant des parties moins chaudes et arrive à la surface sous la forme d'eau thermale, ce qui a fait dire à M. Élie de Beaumont que de semblables sources peuvent être considérées comme des volcans privés de la faculté d'émettre aucun autre produit (3). On conçoit également que plus souvent encore ces émanations rencontrent des eaux qui circulent dans la partie superficielle de l'écorce terrestre et se combinent avec elles de la même manière que, dans les laboratoires, on fait des eaux minérales factices au moyen de gaz que l'on introduit dans l'eau ordinaire par des tuyaux artificiels.

Parmi les faits qui appuient l'hypothèse que la température des eaux thermales provient d'une source de chaleur intérieure, on peut citer les

(1) *Annales des mines,* 1858, XIII, 229.

(2) Voir le mémoire de M. Boussingault sur les eaux thermales des Andes : *Annales de chimie et de physique,* t. LII, p. 181.

(3) *Bulletin de la Soc. Géol. de France,* 1847, IV, 1272.

observations de M. Boussingault (1), qui a remarqué que, sur le littoral de Venezuela, la température des eaux thermales est d'autant moindre que leur hauteur absolue est plus considérable. C'est ainsi, par exemple, que la source de la Trincheras, près de Puerto Cabello, qui se trouve presque au niveau de la mer, possède une température de 97°; celle de Mariana, déjà élevée de 476 mètres, a seulement une température de 64°, et l'eau de la source d'Onato, placée à 702 mètres d'altitude, n'est plus qu'à 44°.5. Il est inutile d'ajouter que cette marche régulière n'a pas toujours lieu, et que les mêmes phénomènes, qui font jaillir des matières incandescentes des cimes élevées des volcans, peuvent aussi donner naissance à des sources très chaudes à de grandes hauteurs.

Les **phénomènes ignés** ou *plutoniens*, c'est à dire ceux dont la chaleur paraît être l'agent principal, peuvent se ranger dans neuf subdivisions, selon qu'ils se rapportent à la simple *température du globe* ou aux phénomènes que l'on désigne par les noms de *volcans*, de *tremblements de terre*, de *soulèvements lents*, de *salses*, d'*émanations gazeuses*, de *sources de pétrole*, d'*incendies de combustibles* et d'*altérations des roches*.

La **température de la terre** varie selon qu'on l'examine soit à la surface ou dans l'intérieur de l'écorce solide, soit dans les sources ou dans les grandes masses d'eau.

La particularité la plus remarquable qu'offre l'observation de la **température de la surface** du sol, c'est à dire de la partie de l'écorce de la terre qui ne s'étend qu'à une profondeur de 3 à 4 centimètres, c'est qu'elle acquiert, lorsqu'elle est exposée aux rayons du soleil, une chaleur beaucoup plus forte que celle de l'air; mais elle se refroidit aussi davantage pendant la nuit, ce qui est cause que sa température moyenne demeure à peu près la même. Il paraît cependant que cette température moyenne est généralement un peu plus élevée dans la zone torride, qu'elle est à peu près la même dans les latitudes moyennes, et qu'elle est inférieure dans les contrées froides. Du reste, les variations que la présence et l'absence journalières du soleil font éprouver à la température de l'air ne se communiquent, à travers le sol, qu'avec une certaine lenteur, et diminuent rapidement à mesure que l'on s'enfonce; de sorte qu'elles cessent d'être sensibles à une profondeur de 2 à 3 mètres dans nos zones tempérées.

Les mêmes causes qui influent sur la transmission de la température

(1) Voir le mémoire cité ci-dessus.

que la surface acquiert par suite du mouvement diurne de la terre agissent également sur la transmission de la température résultant du mouvement annuel ; mais on sent, en outre, que plus il y a de différence entre la température de l'hiver et celle de l'été, plus la profondeur où se font sentir les variations annuelles est considérable. Aussi, tandis que les influences de la température extérieure cessent de se faire sentir sous la zone torride à une profondeur qui, d'après les observations de M. Boussingault, n'est que de 2 à 3 décimètres, elles se propagent jusqu'à 8, et même jusqu'à 25 mètres dans la partie centrale de l'Europe, et jusqu'à 30 mètres en Sibérie. La température constante dont jouissent les points qui se trouvent immédiatement en dessous de cette limite s'observe quelquefois dans les cavernes qui ne sont pas sous l'influence de l'air extérieur, ainsi que dans les caves suffisamment profondes, notamment dans celles de l'observatoire de Paris, d'où on la désigne souvent par le nom de **température des caves.** L'observation a prouvé que cette température se rapproche beaucoup de la température moyenne de l'air. Cependant M. Kupffer a reconnu qu'elle en différait très souvent, et que les lignes qui uniraient les points où la température constante du sol est uniforme, et qu'il appelle *lignes isogéothermes*, s'écartent encore plus des degrés de latitude que les lignes isothermes, c'est à dire d'égale chaleur de l'air. M. Kupffer a reconnu de même que cette température constante se trouve, selon les diverses latitudes, dans les mêmes rapports avec la température de l'air à la surface, que ceux que nous avons indiqués ci-dessus entre celle-ci et la température variable moyenne de la partie superficielle du sol.

D'un autre côté, on a reconnu que la **température** augmente à mesure que l'on s'enfonce **dans l'intérieur,** et l'on estime qu'un accroissement d'un degré du thermomètre correspond à une profondeur moyenne de 30 à 32 mètres, d'où il résulterait, en supposant que cette augmentation continuât dans la même proportion, que, si on pouvait parvenir à 2 800 mètres, on atteindrait une température supérieure à celle de l'eau bouillante, et que, à moins de 5 myriamètres, la chaleur serait suffisante pour fondre la plupart de nos roches. Mais ces conclusions doivent être considérées, en ce qui concerne les nombres, comme hypothétiques ; car, outre que les observations sur lesquelles elles sont fondées ne présentent pas des résultats uniformes (1), il est à remar-

(1) Cordier (*Mémoires du muséum d'histoire naturelle*, t. XV, p. 161) avait trouvé, par exemple, qu'à Decize l'augmentation d'un degré de chaleur correspondait à 13 mètres de profondeur, tandis qu'à Carmeaux le même résultat n'était obtenu que par une profondeur de 36 mètres.

quer que ces observations n'ont eu lieu qu'à des profondeurs extrêmement petites, par rapport au rayon terrestre, c'est à dire à moins de 1 000 mètres de la surface de la terre. Du reste, quelque imparfaites que soient nos connaissances sur la température intérieure de la terre, elles suffisent pour constater que la chaleur augmente à partir du point où règne la température constante des caves, tandis que les résultats des observations faites à de petites profondeurs, combinées avec les lois de la transmission de la chaleur, nous démontrent que, en aucun cas, l'action des rayons solaires ne pourrait produire d'échauffement qui augmente avec la profondeur; de sorte que l'on peut considérer comme prouvé que l'écorce du globe jouit d'une chaleur indépendante de l'action que les rayons du soleil exercent à sa surface.

La circonstance qu'il existe des **sols perpétuellement congelés** à certaine profondeur n'est point en opposition avec ce qui vient d'être dit sur l'accroissement de la température à mesure que l'on s'enfonce; car, dès que l'on fait attention qu'il y a dans l'intérieur de l'écorce du globe une zone qui exprime la température moyenne de la surface, on conçoit que, dans les lieux où cette température est de plusieurs degrés au dessous de zéro, cette zone doit demeurer à l'état de congélation, lors même que les chaleurs de l'été sont suffisantes pour permettre l'établissement de la végétation et de la culture à la surface. C'est ainsi que, à Iakoutsk en Sibérie, où la température moyenne est de — 9°. 7, on a reconnu que le sol, perpétuellement congelé, s'enfonce jusqu'à 120 mètres; mais cette observation, bien loin d'être contraire à l'hypothèse de la chaleur intérieure, a fait connaître que cette chaleur se transmet plus rapidement dans cette localité que dans beaucoup d'autres, puisque l'on a trouvé qu'un accroissement d'un degré de température y correspondait à 20 mètres, c'est à dire beaucoup moins que la moyenne indiquée ci-dessus.

Parmi les irrégularités que présente la température du sol, il est des phénomènes qui ont souvent attiré l'attention; ce sont les **glacières naturelles** et les cavernes d'où sortent des vents plus froids que la température ordinaire des caves; mais, en général, ces phénomènes paraissent de nature à être expliqués par les règles de la physique combinées avec la disposition de ces cavités qui les met dans le cas, soit de recevoir en hiver, comme les glacières artificielles, une quantité de glaces plus forte que celle que la chaleur de l'été peut faire fondre, soit de perdre leur chaleur normale par l'introduction d'un vent froid ou par une évaporation extraordinaire.

La **température des sources** est, comme celle des caves profondes,

analogue à la température moyenne de l'air du lieu, du moins dans les zones tempérées; car, dans la zone torride, cette température paraît être inférieure à celle de l'air. Du reste, cette température ordinaire des sources ne semble avoir lieu que quand leurs eaux ont fait un long trajet et un séjour prolongé à des petites profondeurs dans l'écorce du globe. D'autres fois, les sources ont une température inférieure ou supérieure à la température moyenne du lieu. Dans le premier cas, on reconnaît ordinairement que les eaux proviennent de quelque point de la surface qui, comme une montagne couverte de neige, est plus froid que le lieu de la source. Dans le second, tout annonce que les eaux proviennent de points assez enfoncés dans l'intérieur de l'écorce du globe; c'est notamment ce que l'on observe dans les fontaines artésiennes, où l'on remarque que la température de l'eau est d'autant plus élevée que le trou de sonde a été enfoncé à une plus grande profondeur; phénomène qui est une simple conséquence de l'accroissement de la température avec la profondeur. Quant aux sources *thermales*, c'est à dire celles qui ont une température tellement élevée au dessus de celle des eaux ordinaires, que leur chaleur se remarque sans le secours d'un thermomètre et atteint quelquefois celle de l'eau bouillante, nous avons déjà fait connaître que leur température paraissait due à la même cause que la chaleur développée par les phénomènes volcaniques.

La température des grandes masses d'eau ne présente pas, en général, les mêmes résultats que celle de l'écorce solide. On a remarqué, en premier lieu, que la température de la surface des parties de mer éloignées des continents était moins variable que celle des parties qui touchent ces derniers; de sorte qu'elle est moins élevée en été, et moins basse en hiver. On a également observé que, entre les tropiques, la partie superficielle de l'eau, prise dans sa plus haute température, est, en général, moins chaude que celle de l'air qui la touche, prise aussi dans sa plus haute température; mais, si on compare les températures moyennes, on a un résultat inverse; de sorte que, sous la zone torride, la partie superficielle de l'eau a, comme celle des terres, une température supérieure à celle de l'air; cette différence diminue à mesure que l'on s'avance vers les pôles.

Les observations sur la température des eaux à diverses profondeurs ont donné des résultats très variables, mais qui, le plus souvent, sont opposés à ceux obtenus dans l'intérieur des terres, c'est à dire qui annoncent une température décroissante avec la profondeur, surtout dans les zones torrides et tempérées; c'est ainsi, par exemple, que Péron a observé sous l'équateur 9°. 5 à 390 mètres et 7°. 5 à 709 mètres de

profondeur, lorsque la température de la surface était à 31°, et que M. de Tessan a observé, sous le 32e degré de latitude boréale, 1°.75 à une profondeur de 3 800 mètres lorsque la surface était à 27°. Cette diminution de la température des eaux avec la profondeur doit être attribuée à la circonstance que la plus grande densité de l'eau salée est à la température de 3 à 4 degrés au dessous de zéro; d'où il résulte que les molécules les plus froides ont une tendance générale à s'abaisser et les molécules les plus chaudes à s'élever. Mais on conçoit que cette règle est sujette à beaucoup de variations locales, causées notamment par les courants qui amènent des eaux plus froides ou plus chaudes à certaines profondeurs, et par l'effet que produisent dans les hautes latitudes la présence des glaces flottantes et le voisinage des glaces fixes et des glaciers. Toutefois, il ne serait pas impossible que la chaleur intérieure de la terre exerçât aussi une influence sur la température des eaux à de grandes profondeurs, et l'on avait même cherché à expliquer, par cet effet, des températures croissant avec la profondeur que l'on avait observées dans des régions polaires; mais M. Martins, en discutant ces observations, a fait remarquer (1) que le phénomène s'expliquait beaucoup plus simplement en admettant que le froid des jours précédents, l'interception de la transmission de toute chaleur supérieure à zéro à travers les glaces flottantes qui couvraient la surface de la mer, et la fonte de ces glaces, avaient produit et produisaient encore, au moment des observations, dans les parties supérieures de la mer, un refroidissement que le mouvement des molécules n'avait pas eu le temps de mettre en équilibre avec les lois de la densité.

Les phénomènes des **volcans** sont bien plus importants que ceux dont nous avons parlé jusqu'à présent, tant par l'énergie avec laquelle ils s'opèrent que par les effets qu'ils produisent, et par les conséquences que l'on peut en tirer pour l'histoire de la terre.

Nous entendons par *phénomènes volcaniques* l'ensemble des circonstances qui amènent à la surface extérieure de l'écorce solide du globe, les dépôts que nous avons fait connaître sous le nom de terrain volcanique; et un *volcan* se compose d'une certaine quantité de ces matières et de l'orifice, plus ou moins ramifié, par où elles sont sorties.

Le principal phénomène des volcans consiste dans l'éjaculation, soit dans l'air, soit dans l'eau, de matières qui proviennent de l'intérieur. Ce phénomène, que l'on désigne par le nom d'**éruption**, est ordinairement accompagné de beaucoup d'autres circonstances, notamment de

(1) *Voyage en Scandinavie, Géogr. botan.*, p. 301.

mouvements dans le sol, tels que tremblements, soulèvements ou affaissements; de dégagement de chaleur et de lumière; de manifestation de bruits souterrains et de phénomènes météorologiques.

Les *matières qui s'échappent des volcans* arrivent au jour à l'état gazeux, liquide ou solide. Les premières, que l'on désigne ordinairement par le nom de *fumée*, sont principalement composées de vapeur aqueuse; cependant les gaz acides sulfhydrique, chlorhydrique, carbonique et le gaz nitrogène y sont plus ou moins abondants. Il s'en dégage aussi des matières susceptibles de sublimation, telles que le selmarin, le salmiac, la sassoline, l'atacamite, le soufre, le réalgar, etc., qui quelquefois se déposent sous la forme d'enduits, de concrétions et même de cristaux, sur les roches solides ou dans l'intérieur des cavités. On a aussi cité l'acide sulfureux parmi les produits des volcans, mais il paraît que cet acide se forme dans l'air par la combustion de la vapeur de soufre et de l'acide sulfhydrique.

Les matières liquides sont principalement à l'état de fluidité ignée, et, par leur refroidissement, elles deviennent les roches dont nous avons parlé sous le nom de *laves*. Ces matières s'échappent communément sous la forme de coulées, mais elles sont quelquefois lancées sous la forme de boules ou de grains.

Les volcans rejettent aussi des matières à l'état de fluidité aqueuse, mais il paraît que l'*eau* et la *boue* que l'on voit souvent couler sur leurs flancs, lors des éruptions, sont le plus ordinairement le résultat de phénomènes météorologiques qui se passent à l'extérieur ou de la fonte des neiges occasionnées par le développement de la chaleur. D'autres fois, l'eau et la boue proviennent de cavernes superficielles qui sont comblées par suite de l'agitation du sol. C'est ainsi que Humboldt rapporte que le 19 juin 1698, lorsque le pic du Carguairazo s'affaissa, tout le pays d'alentour fut couvert d'une boue argileuse qui renfermait de petits poissons *(Pimelodus cyclopum)*, et qu'en 1691 le volcan presque éteint d'Imbaburu vomit une si grande quantité de ces poissons, que les fièvres putrides qui régnèrent à cette époque, furent attribuées aux miasmes qu'exhalaient ces animaux. Du reste, nous sommes loin de prétendre que les volcans ne rejettent pas des matières boueuses provenant d'une grande profondeur, car, comme les laves contiennent beaucoup d'eau, ainsi que le prouvent les vapeurs qui s'en dégagent pendant leur refroidissement, émanations qui durent quelquefois des années, il n'est point impossible que les forces qui donnent naissance à cette union de l'eau avec la matière des laves ne donnent également naissance à de véritables boues. Peut-être que l'on peut voir une éruption de ce genre dans

celle rapportée par Humboldt comme ayant enseveli, le 4 février 1797, le village de Péliléo, près de Rio-Bamba, sous une masse de boue noirâtre dont nous avons déjà parlé sous le nom de *moya* (p. 337).

Il paraît que l'on ne peut pas non plus nier l'existence de véritables éjaculations d'eau liquide venant de l'intérieur; telle serait notamment celle qui a eu lieu au Gelung-Gung, dans l'île de Java, lors de l'éruption de 1822 qui a fait périr plus de 2000 personnes et où l'on a vu, d'après le rapport de Van der Boon Mesch, sortir des flancs de la montagne de nombreux torrents d'eau chaude sulfureuse.

Les matières solides lancées par les volcans sont souvent à l'état pulvérulent, et alors on les appelle *cendres* ou *sables volcaniques*, d'après le volume des fragments. Lorsque ceux-ci sont assez gros pour être comparés au gravier, on les désigne par le nom de *rapilli*. D'autres fois, ces fragments ressemblent à des *scories* de fourneaux, et quelquefois ils forment des *blocs* considérables. On conçoit que souvent il n'y a pas de ligne de démarcation entre les matières solides et celles à l'état de liquidité ignée; car une matière lancée, à l'état liquide, d'une certaine profondeur, peut arriver au jour à l'état solide; aussi la plupart des matières solides sont-elles souvent de même nature que les matières liquides; mais quelquefois les blocs rejetés par les volcans n'ont aucun rapport avec les terrains volcaniques, et sont composés des roches qui forment les parois des cavités que les matières volcaniques ont traversées pour arriver au jour.

Les cendres qui s'élèvent des volcans forment quelquefois des nuages si épais, que des contrées entières sont plongées, en plein jour, dans la plus profonde obscurité; et l'on assure que de ces cendres ont déjà été transportées à plus de 50 myriamètres du lieu de l'éruption.

Toutes ces matières solides, en retombant sur le sol, y donnent naissance à ces dépôts meubles ou conglomérés qui constituent une des parties les plus importantes des terrains volcaniques. Souvent ces matières ne retombent pas à l'état sec, mais elles sont, pour ainsi dire, saisies par les fortes pluies qui accompagnent ordinairement les éruptions, et forment des espèces de courants boueux. D'autres fois ces matières retombent dans la mer ou dans les lacs, et sont alors plus ou moins remaniées par les eaux.

On sent, d'après ces circonstances, qu'il doit s'établir des liaisons et des passages presque insensibles entre le terrain volcanique et le terrain alluvien, ainsi qu'avec les autres dépôts qui se forment encore actuellement.

Les éruptions volcaniques sont ordinairement accompagnées de *déga-*

gements de chaleur et de lumière; et on conçoit aisément qu'une coulée de laves qui se répand sur le sol doit développer une chaleur considérable, et paraître, pendant la nuit, comme un torrent de feu ; il en est de même des matières lancées à l'état solide, qui, sans être assez chaudes pour conserver ou pour prendre l'état liquide, le sont encore assez pour être lumineuses pendant la nuit ; aussi paraît-il que l'on a souvent parlé de flammes qui s'échappent des volcans, tandis qu'il ne s'agissait que de l'état d'incandescence des matières pierreuses : mais, comme les volcans dégagent aussi des matières contenant de l'hydrogène, on sent que leurs émanations gazeuses peuvent contenir du gaz hydrogène dont la combustion, ainsi que celle des vapeurs sulfureuses, peut donner naissance à de véritables flammes.

Les éruptions volcaniques sont aussi très souvent accompagnées de phénomènes météorologiques, tels que de fortes pluies, de nombreux éclairs et de violents coups de tonnerre. Ces phénomènes paraissent résulter de la grande quantité de vapeur aqueuse ainsi que de la chaleur qui s'échappe du volcan et du développement d'électricité occasionné par le frottement de ces nuages épais qui roulent les uns sur les autres.

Les phénomènes volcaniques donnent généralement lieu à la **production d'élévations** plus ou moins considérables, qui paraissent se former de diverses manières.

Les unes, qui consistent dans des espèces de cônes tronqués ayant à leur partie supérieure la cavité dont nous avons déjà parlé sous le nom de *cratère*, sont une conséquence simple et immédiate des *éruptions;* car on sent que les matières lancées dans l'air ou dans l'eau doivent, en retombant à peu près sur elles-mêmes, former une élévation conique sur l'axe de laquelle la continuation du phénomène de l'éruption doit entretenir une espèce de bouche par laquelle le volcan vomit les matières qu'il rejette. Il est à remarquer que, les flancs de la montagne n'offrant pas toujours une résistance suffisante pour que les matières liquides poussées de bas en haut s'élèvent jusqu'au sommet, alors ces flancs s'entr'ouvrent et laissent échapper des coulées plus ou moins abondantes ; c'est ce qui a ordinairement lieu dans les grands volcans, où il est très rare que les laves sortent par le cratère.

D'autres fois les élévations se forment sans présenter ces éjaculations successives qui constituent le caractère principal des éruptions proprement dites. C'est ainsi que le 29 septembre 1538, pendant un tremblement de terre, on a vu s'élever dans les champs phlégréens, près de Naples, une haute colline nommée le Monte Nuovo d'où il n'est plus sorti d'éjaculations depuis lors. C'est encore ainsi qu'au Malpays, près

du volcan de Jorullo, au Mexique, une surface de près de 7 kilomètres carrés a été, dit Humboldt, soulevée comme une vessie, et, sur ce terrain soulevé, il est sorti, en septembre 1759, des milliers de petits cônes de roches pyroxéniques. M. Reinwardt rapporte aussi que, dans la partie occidentale de l'île de Banda, dans l'archipel des Moluques, il se trouvait une baie qui, en 1820, a été remplacée par un promontoire composé de blocs de basalte d'une grosseur prodigieuse. Ce phénomène s'effectua d'une manière si tranquille, que les habitants ne s'en aperçurent que quand il fut presque entièrement terminé; il ne s'était manifesté que par un fort bouillonnement et une chaleur extraordinaire de l'eau de la mer.

On attribue aussi la formation d'une partie des élévations volcaniques à un phénomène bien plus important par les conséquences que l'on en a tiré pour la formation des montagnes ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant. Il est à remarquer à cet égard que les élévations coniques formées par les éruptions volcaniques se trouvent souvent au milieu d'une espèce de cirque ou de bassin circulaire, dont les flancs, généralement escarpés, sont plus ou moins interrompus, de manière que, dans quelques endroits, comme à l'île de Palma dans les Canaries et à Barren-Island au nord des îles Nicobar, le bassin est presque complet, et on ne peut y pénétrer que par une espèce de défilé; tandis qu'au Vésuve le bassin ne présente qu'une moitié de circonférence que l'on appelle la Somma.

On a souvent considéré ces espèces de cirques, ou plutôt ces débris de cirques, comme des restes d'un ancien cratère; mais leurs dimensions gigantesques, par rapport à celle des véritables cratères formés par les éruptions, ont fait sentir que cette opinion était inadmissible. On a cherché ensuite à y voir les effets de l'affaissement partiel d'un grand cône d'éruption, et cette supposition ne présente rien d'impossible pour les cas où les restes du cirque sont, comme les cônes d'éruption, composés de terrains volcaniques disposés de la même manière que dans ces cônes. Mais on a remarqué que les masses qui forment ces restes de cirques sont quelquefois composées de couches non volcaniques, qui se relèvent uniformément en convergeant vers le centre du cirque. On a également observé que les crêtes de ces cirques constituent, en général, le point culminant du massif dans lequel ils se trouvent, l'ensemble des pentes de ce massif formant comme une espèce de cône surbaissé. On a remarqué enfin que souvent les enfoncements connus sous le nom de cirques présentent des dispositions tout à fait semblables, sans que l'on y aperçoive aucune trace d'éruption ni de terrain volcanique.

Ces diverses circonstances ont porté Léopold de Buch à voir dans ces cirques le résultat d'un soulèvement occasionné par des matières qui, poussées de bas en haut, comme celles des éruptions, n'auront pu, ainsi que ces dernières, se faire jour, et auront, en conséquence, soulevé et étoilé la masse sous laquelle ces matières faisaient leur effort; d'où l'illustre géologue a donné à ces cirques le nom de *cratères de soulèvement*.

L. de Buch ne voyait, en conséquence, dans ces cirques, que le résultat du premier effort de la nature pour établir un volcan, résultat qui est demeuré imparfait dans les lieux où il n'y a pas de cratères d'éruption. Pour qu'un volcan ait eu son entier développement, il faut, ajoutait-il, qu'il soit constitué comme celui du pic de Teyde à Ténériffe, où l'on voit, au milieu d'un vaste cratère de soulèvement, un énorme cône d'éruption par le cratère duquel il ne se fait plus d'éruption, les dernières qui ont eu lieu s'étant faites par des bouches latérales qui ont successivement cessé d'agir, en commençant par les plus rapprochées du sommet.

Si les phénomènes volcaniques donnent ainsi lieu à des soulèvements, ils produisent d'autres fois des **affaissements** et font quelquefois disparaître des montagnes entières, du moins des cônes volcaniques, que l'on voit s'écrouler avec un fracas épouvantable. C'est ainsi que le volcan de Papandayang, dans l'île de Java, s'est enfoncé, en 1772, avec quarante villages bâtis sur ses flancs, et a été remplacé par un lac de plusieurs kilomètres de diamètre.

Peut-être que l'on pourrait citer, parmi les affaissements résultant des phénomènes volcaniques, la disparition de petites îles qui n'ont eu qu'une existence éphémère. Telles ont été l'île Sabrina, dans les Açores, qui a paru en 1811; l'île Julia, Nérita ou Ferdinandéa, au sud de la Sicile, qui a paru en 1831, etc.; mais ces disparitions sont aussi attribuées à l'action érosive des eaux.

Classification des volcans. — L. de Buch divisait les volcans en *volcans centraux* et en *chaînes volcaniques* : les premiers se composent d'un point central entouré d'une grande quantité de bouches d'éruption, réparties presque également à l'entour; les seconds sont rangés en ligne droite, l'un à la suite de l'autre, et souvent à de petits intervalles. Tantôt, disait encore L. de Buch, ils s'élèvent du fond de la mer comme des îles coniques isolées, et alors une chaîne de montagnes primordiales court près d'eux dans une direction parallèle : ils semblent en marquer le pied; tantôt les volcans sont placés sur la crête de la chaîne des montagnes et en forment les sommités.

Les *volcans* ne sont pas toujours en *activité;* ils ont, au contraire, des interruptions plus ou moins longues, et l'on désigne par le nom de *volcans éteints*, ceux que les hommes ne se souviennent pas d'avoir vus en état d'éruption, et qui cependant ressemblent, par leurs caractères géographiques et géognostiques, aux volcans en activité. Ces derniers sont beaucoup moins abondants que les volcans éteints, et le plus souvent ils se trouvent au milieu d'un groupe de ceux-ci, dont ils semblent être les restes; ce qui annonce que les phénomènes volcaniques ont eu beaucoup plus d'intensité qu'ils n'en ont à présent. Cependant les intermittences, plus ou moins longues, qui existent entre les éruptions de volcans en activité, sont cause que l'on ne peut point assurer qu'un volcan que l'on considère comme éteint ne se remettra plus en activité. Il paraît même que plus les interruptions sont longues, plus les éruptions sont violentes; c'est ainsi que, de toutes les éruptions connues du Vésuve, la plus violente est celle de l'an 79, qui a détruit les villes de Pompéia, d'Herculanum et de Stabia, et qui a eu lieu à une époque où l'on n'avait aucun souvenir d'éruptions antérieures, quoique l'existence antérieure de la Somma et la nature des matériaux qui ont servi à bâtir ces villes prouvent que d'abondantes éjaculations de roches pyroïdes avaient déjà eu lieu dans cette contrée.

Lorsque les éruptions durent très longtemps sans interruption, elles n'ont plus tous ces caractères dévastateurs, et elles se resserrent dans de certaines limites; c'est ainsi que le petit volcan de Stromboli, dans les îles Éoliennes, qui n'a point encore été vu en repos depuis le temps de Strabon, ne présente qu'une espèce de fournaise ardente, ou un bain de laves fondues, dans un état d'agitation et de bouillonnement continuel, d'où s'élèvent des jets de matières incandescentes qui retombent sur elles-mêmes.

Principaux volcans en activité. — Les volcans les plus remarquables par l'intensité de leurs éruptions et par l'altitude qu'ils atteignent, sont ceux d'Amérique. Les uns s'étendent, au sommet des Andes, sur une ligne de près de 1500 myriamètres dirigée dans le sens du continent; les autres forment, dans le Mexique, des lignes qui, au contraire, traversent le continent de l'est à l'ouest.

En Europe, on remarque principalement l'Etna, le Vésuve et le Stromboli; en Afrique, les volcans des îles Canaries et l'île de la Réunion; et, en Asie, ceux de Kamtschatka et des îles de la Sonde. Les volcans en activité sont très abondants dans l'Océanie. En résumé, A. de Humboldt comptait 407 volcans qui ont été en activité depuis les temps historiques, et dans ce nombre il y en a 225 qui donnent encore des signes

d'activité. Ces volcans sont en général à de petites distances de la mer; cependant, d'après des documents chinois, il existerait un volcan en activité dans la Mandchourie, à plus de cent myriamètres de la mer. Du reste, les volcans paraissent se trouver indistinctement sous toutes les latitudes et, s'ils sont assez abondants dans la zone torride, il en existe également dans les régions polaires; tel est le mont Érèbe, situé sous le 76e degré de latitude australe. On a remarqué toutefois qu'il y a plus de traces de l'activité volcanique vers le pôle antarctique que vers le pôle arctique.

Causes des volcans. — Les phénomènes volcaniques sont trop importants pour que l'on n'ait pas cherché à se rendre raison des causes qui les produisent; mais ce que nous voyons de ces phénomènes ne nous permet de faire, sur leur origine, que des hypothèses plus ou moins hasardées.

La ressemblance de certains phénomènes volcaniques avec ce qui se passe dans nos fourneaux de fusion, et la matière dont nos mines de houille s'enflamment spontanément, ainsi qu'on le verra ci-après, avaient donné l'idée que les phénomènes volcaniques devaient aussi être attribués à l'*incendie de matières combustibles* occasionnées par des décompositions analogues à celles des pyrites. Mais on a généralement senti l'insuffisance de cette hypothèse, lorsque la nature des matières rejetées par les volcans a été mieux étudiée, et que, la combustion étant mieux connue, on a fait attention que la décomposition des pyrites et l'inflammation des matières combustibles ne pouvaient avoir lieu sans le contact de l'air.

On a aussi attribué les phénomènes volcaniques à la *décomposition de l'eau*, et on a supposé qu'en dessous de l'écorce oxydée du globe se trouvent des métaux dans un état tel, que le contact de l'eau doit donner lieu à des actions chimiques suffisantes pour produire de grands développements de chaleur et des formations de gaz. Nous sommes loin de contester la possibilité de cette hypothèse qui est à la hauteur des connaissances actuelles, et au moyen de laquelle on peut rendre raison des divers phénomènes des volcans et des tremblements de terre; mais, elle nous paraît sujette à beaucoup d'objections. D'abord, en supposant que l'eau puisse venir en contact avec les métaux non oxydés, l'oxydation de ceux-ci devrait bientôt mettre un obstacle à ce que ce contact se renouvelle. D'un autre côté, cette décomposition de l'eau donnerait lieu au dégagement d'une immense quantité de gaz hydrogène, et si ce gaz existe dans les émanations volcaniques, il y est en petite quantité.

Il y a bien plutôt lieu d'adopter l'opinion qui attribue l'origine des

volcans au simple *refroidissement de l'intérieur de la terre*. Nous avons dit que l'étude de la température du globe prouve que son écorce solide est douée d'une chaleur indépendante de celle que l'action du soleil développe à sa surface; nous avons vu également que cette chaleur intérieure augmente avec la profondeur, de manière qu'il doit y avoir, à une profondeur moindre de 5 myriamètres, une chaleur suffisante pour fondre les roches qui forment l'écorce du globe. On sent, en outre, d'après les règles de la transmission de la chaleur, qu'une partie de cette chaleur intérieure doit tendre à se perdre dans les espaces planétaires. Or, on peut tirer de ces données deux conséquences importantes : la première, c'est qu'il se trouve en dessous de l'écorce du globe une masse à l'état de fluidité ignée et d'un volume immense par rapport à celui de l'écorce, puisque 5 myriamètres ne sont que la cent vingt-septième partie du rayon terrestre; la seconde, c'est que la partie supérieure de la masse fluide doit tendre continuellement à passer à l'état solide, jusqu'à ce que le globe ait perdu assez de chaleur pour être entièrement passé à l'état solide.

Ces deux conséquences une fois établies (et quoique l'observation directe en soit impossible, elles paraissent peu susceptibles d'être contestées), tout semble annoncer que l'on doit placer le point de départ des phénomènes volcaniques dont la partie supérieure de la masse fluide qui tend à passer à l'état solide, ce qui rend raison de la plupart des particularités qui caractérisent ces phénomènes.

C'est ainsi, par exemple, que le dégagement de chaleur n'est qu'une conséquence de la haute température qui règne dans les parties du globe d'où proviennent la plupart des matières rejetées par les volcans. La grande ressemblance de ces matières entre elles, quelles que soient les portions du globe où elles se trouvent, ou quelle que soit la nature du sol dont elles paraissent sorties, et leur différence des roches qui ont un autre mode de formation, ne sont, dans cette manière de voir, que des conséquences de l'identité du point de départ et de l'éloignement où ce point de départ se trouve de la surface de la terre.

Quant à la cause qui porte les matières liquides intérieures à s'élever à l'extérieur, c'est à dire, à faire éruption, on peut l'attribuer, avec M. Élie de Beaumont, à l'action mécanique des substances gazeuses qui sont si abondantes dans les matières éjaculées par les éruptions volcaniques. On sait, en effet, que quand un liquide passe à l'état solide, la solidification n'est jamais complète, et qu'une partie de ce liquide passe à l'état gazeux, soit parce qu'il contenait en solution des corps qui ont plus de tendance à prendre l'état gazeux que l'état solide, soit parce qu'il se passe dans le liquide des changements qui déterminent la forma-

tion d'un corps ayant également de la tendance à prendre l'état gazeux. C'est ainsi, par exemple, que, quand l'eau se congèle, nous voyons l'air qu'elle tenait en dissolution se séparer et former des bulles au milieu de la glace. Les personnes qui moulent des métaux fondus savent également que, quand ces derniers se solidifient, il s'en sépare des gaz qui forment des bulles qui viennent crever à la surface ou qui déterminent, dans l'intérieur de la masse solide, des cavités que les ouvriers nomment des *chambres*. On a aussi observé que les laves amenées à la surface de la terre par les éruptions volcaniques dégagent des gaz et des vapeurs pendant tout le temps de leur consolidation ou refroidissement. On sait encore que, dans certaines liqueurs, telles que le vin mousseux, l'eau gazeuse, qui ne présentent qu'un liquide homogène lorsqu'elles sont comprimées dans une bouteille, il se forme, à l'instant où l'enlèvement du bouchon ou la rupture du vase diminue la pression, une multitude de bulles gazeuses qui, par le développement de volume et par la diminution de pesanteur spécifique qu'elles occasionnent dans le liquide, déterminent la sortie de celui-ci hors du vase et son expansion à des distances plus ou moins étendues. On conçoit donc que, si le refroidissement du fluide intérieur et la diminution de pression qui doit avoir lieu au dessous des ouvertures ou cheminées des volcans déterminent la formation de gaz, et la présence des gaz et des vapeurs dans les éruptions volcaniques ainsi que dans le refroidissement des laves ne permettent pas d'en douter, on conçoit, disons-nous, que ces gaz, disséminés dans la matière liquide, peuvent suffire pour entraîner ou plutôt pour lancer ces matières à la surface de la terre.

Les **tremblements de terre** ne donnent pas matière à des descriptions aussi poétiques ni aussi effrayantes que les volcans, mais ils sont plus désastreux pour les habitants de la terre.

Ces phénomènes consistent dans une agitation plus ou moins violente du sol, ordinairement accompagnée de bruits que l'on compare à celui du canon, au fracas de voitures roulant sur le pavé ou à d'immenses éboulements.

Quelquefois cette agitation ne dure qu'un instant, et elle est si faible qu'elle ne laisse aucune trace de son passage, et qu'une partie des personnes qui se trouvent sur les lieux ne la ressentent pas ; d'autres fois, les secousses sont de plus longue durée, se renouvellent à la suite les unes des autres, et sont si violentes que les édifices sont renversés, que le sol se fend en divers sens, que des lacs sont desséchés, que des rivières sont arrêtées dans leurs cours, que des montagnes entières s'écroulent et qu'il s'en élève de nouvelles.

Quelquefois le même tremblement de terre se prolonge à des distances immenses et agite une surface considérable; c'est ainsi que celui du 17 juin 1826 se fit sentir, dit M. Boussingault, dans toute la Nouvelle Grenade, c'est à dire sur une surface de plus de 6 000 myriamètres carrés. D'autres fois, les secousses sont concentrées dans un espace très resserré; c'est ainsi que le tremblement de terre qui a eu lieu dans l'île d'Ischia, près de Naples, le 2 février 1828, n'a point été senti, rapporte M. Covelli, dans la petite île joignante de Procida, ni sur les parties voisines du continent, et a cependant été si violent que l'île paraissait prête à s'ensevelir dans la mer, et qu'un village entier, beaucoup de maisons, et tous les murs qui soutenaient des terres ont été renversés.

Les tremblements de terre accompagnent souvent les éruptions volcaniques; aussi la plupart des géologues ont-ils cru qu'il existait beaucoup de rapports entre ces deux phénomènes. Voici notamment ce que disait, à ce sujet, de Humboldt (1) : « La haute colonne de fumée que le volcan de Pasto, à l'est du cours de la Guaytara, vomit pendant trois mois, en 1797, disparut à l'instant même où, à une distance de 60 lieues, le grand tremblement de terre de Rio Bamba, et l'éruption boueuse de la Moya, firent perdre la vie à quarante mille individus. L'apparition soudaine de l'île de Sabrina, dans l'est des Açores, le 30 janvier 1811, fut l'annonce de l'épouvantable tremblement de terre qui, bien plus loin, à l'ouest, depuis le mois de mai 1811, ébranla, presque sans interruption, d'abord les Antilles, ensuite les plaines de l'Ohio et du Mississipi, enfin les côtes de Venezuela, situées du côté opposé. Trente jours après la destruction totale de la ville de Caracas arriva l'explosion du volcan de Saint-Vincent, île des petites Antilles, éloignée de 130 lieues de la contrée où s'élevait cette cité. Au moment même où cette éruption avait lieu, le 30 avril 1812, un bruit souterrain se fit entendre et répandit l'effroi dans toute l'étendue d'un pays de 2 200 lieues carrées. Les habitants des rives de l'Apuré, au confluent du Rio Nula, de même que ceux de la côte maritime, comparèrent ce bruit à celui que produit la décharge de grosses pièces d'artillerie; or, depuis le confluent du Rio Nula et de l'Apuré jusqu'au volcan de Saint-Vincent, on compte 157 lieues en ligne droite. L'intensité de ce bruit était à peine plus considérable sur les côtes de la mer des Antilles, près du volcan en éruption, que dans l'intérieur. »

M. Boussingault pense, au contraire (2), « que les tremblements de

(1) *Tableaux de la nature*, édition de 1828, t. II, p. 176.
(2) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. VI, p. 53.

terres les plus mémorables de l'Amérique, ceux qui ont ruiné les villes Latacunga, Rio Bamba, Honda, Caracas, La Guayra, Barquisimeto, etc., dans lesquelles plus de cent mille personnes ont perdu la vie, n'ont coïncidé avec aucune éruption volcanique bien constatée. Dans les Andes, ajoute ce naturaliste, l'oscillation du sol, due à une éruption volcanique, est pour ainsi dire locale; tandis qu'un tremblement de terre, qui, en apparence du moins, n'est lié à aucune action volcanique, se propage à des distances incroyables, et, dans ce cas, on a remarqué que les secousses suivaient de préférence la direction des chaînes de montagnes. Le tremblement qui détruisit Caracas, en 1812, exerça son action suivant la direction de la Cordillère orientale des Andes, en renversant comme des châteaux de cartes toutes les villes situées dans cette direction. » M. Junghuhn dit que sur 143 tremblements de terre dont on a tenu note à Java, 3 seulement ont annoncé, 2 ont suivi, 19 ont accompagné les éruptions et 109 se sont produit tout à fait isolément.

On a remarqué, cependant, que les tremblemnts de terre sont plus fréquents dans les contrées où il y a des volcans que dans celles où il n'y en a pas; ils sont plus communs aussi dans les pays de montagnes que dans ceux de plaines, et ils ont une certaine tendance à agir de préférence dans les lieux qu'ils ont déjà secoués : c'est ainsi qu'on ne cite point de tremblements de terre réellement désastreux dans le nord de l'Europe, tandis que plusieurs villes du midi ont été détruites par ces terribles phénomènes; mais c'est surtout dans la chaîne des Andes que les tremblements de terre exercent leurs ravages, le plus fréquemment; ils s'y répètent si souvent, que M. Boussingault dit : « qu'il y a tout lieu de présumer que si l'on enregistrait, dans les endroits peuplés de l'Amérique, tous les tremblements de terre qui s'y font sentir, on trouverait probablement que la terre tremble presque sans interruption. » M. Vermoulin, qui a tenu note de près de quatorze cents tremblements de terre éprouvés au Chili de 1833 à 1838, pense également que ces phénomènes ont indistinctement lieu dans toutes les saisons de l'année, et ne sont pas plus fréquents dans l'une que dans l'autre. Mais il paraît, au contraire, par les relevés faits par MM. de Hof, Merian, Perrey et Milne, qu'en Europe les tremblements de terre sont plus fréquents en automne et en hiver qu'au printemps et en été.

Ces phénomènes se prolongent sous les eaux de la mer comme dans les autres parties du globle, et l'on sent que, quand la croûte solide sur laquelle reposent les eaux est agitée, celles-ci participent au mouvement; aussi les navigateurs ont déjà ressenti en pleine mer des secousses qui

leur faisaient croire que leurs vaisseaux avaient touché. Mais c'est surtout sur les côtes que ces mouvements sont sensibles; on voit la mer s'agiter, s'éloigner de la terre, y revenir avec violence et submerger des populations entières.

La cause des tremblements de terre n'est pas plus susceptible d'être reconnue d'une manière positive que celle des volcans. Nous dirons seulement que les relations qui existent fréquemment entre ces phénomènes, ainsi que la facilité que nous trouvons à expliquer les mouvements du sol par l'hypothèse indiquée ci-dessus pour l'explication des phénomènes volcaniques, nous portent à voir dans les premiers un résultat de la même cause qui produit les seconds. En effet, dès que l'on admet, ainsi que nous l'avons exposé ci-dessus, que la partie solide du globe que nous voyons à sa surface n'est qu'une croûte peu épaisse, par rapport à l'étendue du rayon terrestre, au-dessous de laquelle se trouve une masse liquide qui tend à se solidifier, et que ce passage de l'état liquide à l'état solide donne lieu à la formation de gaz, on concevra aisément que, ces gaz étant sollicités, par leur nature expansive, à faire des efforts pour gagner la surface extérieure de la terre, il doit résulter, de leurs mouvements et des obstables qui s'y opposent, des secousses et des agitations suffisantes pour produire les effets que nous remarquons dans les tremblements de terre. Dans le nombre de ces obstacles, on peut citer en premier lieu les inégalités qui existent probablement à la surface interne de la croûte solide du globe; car on sent que, si les montagnes sont, comme nous l'indiquerons dans le chapitre suivant, le résultat du soulèvement d'une partie de cette croûte, le fond de nos mers doit correspondre à des inégalités en relief sur la surface interne. On conçoit également que, abstraction faite de cette circonstance, la différence de conductibilité pour la chaleur des matières qui composent la croûte solide doit suffire pour rendre fort inégale la surface interne de cette écorce. Cordier croyait même que ces inégalités sont beaucoup plus fortes que celles de la surface extérieure, lesquelles, d'après ce que l'on a vu dans la Géographie, ne paraissent pas surpasser 2 myriamètres.

D'un autre côté, M. Boussingault, frappé de la manière dont les grands tremblements de terre des Andes sont indépendants des éruptions volcaniques, a proposé (1) une hypothèse qui consiste à attribuer ces tremblements à un tassement qui s'opère dans les montagnes. Partant de l'idée que celles-ci ont été formées par un soulèvement, ainsi

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, t. VI, p. 54.

que nous l'exposerons ci-après, M. Boussingault suppose que, quand les Andes ont été soulevées, le terrain trachytique, qui en forme la masse principale, était à l'état de solidité rigide, et susceptible de se fracturer plutôt que de se prêter à un changement de forme. Il apporte à l'appui de cette opinion la circonstance que les énormes blocs de trachytes que l'on voit sur ces montagnes ont des angles aigus, souvent même tranchants, et qu'ensuite, là où le trachyte a percé et soulevé des couches de schiste, comme au Tunguragua, ou de micaschistes, comme à l'Antisana, on ne voit nullement un déversement de la roche soulevante sur la roche soulevée. Or, on conçoit que, dans ce cas, l'immense quantité de fragments anguleux qui se sont formés et qui se sont entassés confusément les uns sur les autres ont laissé une infinité de vides entre eux; que ces vides tendent successivement à se combler par un tassement analogue à celui qu'éprouvent les tas de décombres formés par les travaux de l'homme, que les gaz renfermés dans les cavités qui se remplissent par les matières solides qui s'éboulent doivent tendre à s'échapper et agiter le sol dans leur mouvement.

Nous sommes loin de contester une hypothèse aussi ingénieuse, et qui se recommande, d'ailleurs, par les profondes connaissances de son auteur; nous sommes même porté à croire que ce mode de production des tremblements de terre doit avoir lieu dans certaines circonstances; mais l'hypothèse qui donne à ces phénomènes une cause analogue à celle qui produit les volcans nous semble avoir le mérite d'être plus générale et de mieux rattacher l'ensemble des grands phénomènes géogéniques.

Cependant M. Boussingault cite des faits qui, s'ils étaient bien démontrés, ne laisseraient, pour ainsi dire, plus de doute en faveur de son hypothèse, et qui, tels qu'ils se présentent en ce moment, ont l'avantage d'appeler l'attention des naturalistes sur des phénomènes nouveaux dans l'histoire de la science : ces faits sont l'**abaissement successif des montagnes.**

Lorsque Bouguer, Godin et la Condamine se rendirent, il y a plus d'un siècle, à Quito, pour des travaux relatifs à la détermination de la figure de la terre, leurs opérations, à la station de Guaguapichischa, étaient très gênées par la neige; cependant, depuis assez longtemps, on n'aperçoit plus de neige sur ce pic. C'est aussi une opinion généralement reçue à Popayan, dit M. Boussingault, que la limite inférieure des neiges qui recouvrent le volcan de Purace s'élève graduellement; or, cette élévation n'a pu être occasionnée que par deux raisons, ou parce que la température moyenne de la contrée s'est augmentée, ou bien

parce que la montagne s'est abaissée. Or, on n'a aucune raison pour admettre une augmentation dans la température de cette contrée, les observations faites par M. Boussingault, et par Caldas trente ans auparavant, donnant les mêmes résultats. D'un autre côté, toutes les mesures que M. Boussingault a prises dans les Andes annoncent des hauteurs moindres que celles qui avaient été données trente ans auparavant par Caldas et par Humboldt. Si ces différences de résultats étaient dues uniquement à des erreurs d'observations, il serait difficile de concevoir comment ces erreurs auraient agi constamment dans le même sens.

Le phénomène que nous avons indiqué ci-dessus sous le nom de **soulèvement lent** a été longtemps désigné comme un *abaissement de la mer;* mais, exprimé de cette manière, il doit être tout à fait rejeté; car, à côté de quelques cas d'abaissement, on peut citer une foule de faits prouvant que, dans beaucoup de localités, la surface de la mer a conservé la même élévation depuis plus de deux mille ans. Or, la tendance des eaux à prendre un même niveau ne permet pas de supposer que la surface de la mer ait pu baisser dans certains lieux et conserver son élévation dans d'autres localités peu éloignées, tandis que les mouvements du sol que nous présentent les tremblements de terre et les phénomènes volcaniques nous familiarisent avec l'idée d'attribuer au soulèvement du sol les changements de niveau relatif que l'on observe le long de la mer. D'un autre côté, dès que l'on admet que l'écorce du globe est peu épaisse, et qu'elle se compose, ainsi qu'on le verra dans le chapitre suivant, de pièces séparées qui reposent sur un immense noyau liquide, on concevra aisément qu'il se fasse dans ces pièces des mouvements analogues à ce qui se passe dans les voussoirs d'une voûte qui s'affaisse.

C'est notamment sur les côtes du golfe de Botnie, en Suède, que l'on a fait les observations qui ont conduit à admettre l'existence des soulèvements lents, plusieurs observateurs assurant y avoir reconnu que des marques, faites sur la côte à la hauteur du niveau de la mer, se trouvent successivement à des élévations plus considérables, et ayant calculé que, dans la plupart de ces lieux, le changement de niveau correspond à un exhaussement de plus d'un mètre par siècle. Il paraît même que ce soulèvement s'opère par un mouvement de bascule, car non seulement, à mesure que l'on s'avance vers le midi, les effets du soulèvement diminuent, mais différentes observations annoncent qu'il y a affaissement du sol en Scanie, et que la mer y avance sur les terres.

Le soulèvement de certains sols est encore indiqué par les alluvions

émergées que nous avons vues atteindre jusqu'à l'altitude de 424 mètres; car, outre que ce qui vient d'être dit de la mobilité du sol rend bien plus simple de supposer que les parties de ce sol où ont été déposées les alluvions se sont élevées que d'admettre que la mer ait été à 424 mètres de son niveau actuel, il est à remarquer que, s'il en était ainsi, on verrait des traces de cette présence de la mer sur toute la contrée à ce même niveau, ce qui n'a pas lieu; on remarque, au contraire, que la série de ces dépôts forme une ligne d'altitude qui tend toujours à se rapprocher ou à s'éloigner du niveau de la mer. C'est ainsi, par exemple, qu'en Norvége les traces de la présence de la mer ne se montrent pas dans le nord à plus de 68 mètres et qu'on les voit successivement s'élever à mesure que l'on s'avance vers le sud où elles atteignent l'altitude de près de 200 mètres.

Les phénomènes nommés **salses**, *volcans de boue*, *volcans d'eau* ou *volcans d'air*, ne sont, pour ainsi dire, que des fontaines où la sortie de l'eau est accompagnée de matières gazeuses et solides, qui, le plus ordinairement, sont lancées par intervalles avec des circonstances qui rappellent les éruptions volcaniques, mais sur une très petite échelle.

Une des localités où ces phénomènes sont le mieux prononcés, est Turbaco, près de Carthagène, dans la Nouvelle-Grenade, où Humboldt a observé une vingtaine de petits cônes de 7 à 8 mètres de haut, formés d'une marne argileuse d'un gris noirâtre, et portant à leur sommet une ouverture remplie d'eau. Il se fait par ces sommets, à de certains intervalles, un dégagement de gaz, précédé d'un bruit assez fort, mais sourd. Humboldt considère ce gaz comme étant du nitrogène. Ces explosions sont quelquefois accompagnées d'une éjaculation de boue qui s'épanche sur les parois des cônes.

Le versant septentrional des Apennins présente plusieurs phénomènes de ce genre, qui ont été étudiés avec soin. L'un des plus remarquables est la salse de Sassuolo, dans le Modénais. On n'y voit, dans les temps ordinaires, qu'une source sortant d'une marne argileuse imprégnée d'un peu de selmarin (1) et de pétrole. Quelquefois cette argile forme un petit cône par le cratère duquel l'eau s'écoule; d'autres fois, celle-ci sort par un simple trou comme dans les fontaines ordinaires; mais cette source a de véritables moments d'éruption, et alors elle lance des jets d'eau, de la boue, du grisou et même des pierres considérables.

Les fontaines jaillissantes des *Geysers*, en Islande, méritent aussi une

(1) C'est de la présence du sel marin dans les sources où l'on voit ces phénomènes dans les Apennins que le nom de *salse* tire son origine.

mention toute particulière. On y voit une multitude de petits monticules de terre diversement colorée, d'où il sort de fortes sources d'eaux chaudes chargées de beaucoup de silice. La principale de ces fontaines, qui porte particulièrement le nom de Geyser, se trouve sur un monticule de 2 à 3 mètres de haut, composé de matières siliceuses, et qui présente, à sa partie supérieure, un bassin circulaire, rempli ordinairement d'eau très limpide, d'une température presque égale à celle de l'eau bouillante. et d'où il s'élève, de temps en temps, des jets d'eau qui s'élancent quelquefois avec une telle rapidité, qu'ils atteignent une élévation de 30 mètres, et peut-être de 100, d'après d'anciens rapports.

L'origine de ces phénomènes peut se rattacher à la même cause qui produit les éruptions des volcans; car, dès que l'on admet que ces éruptions sont occasionnées par des fluides élastiques qui se forment en dessous de la croûte extérieure du globe, on concevra aisément que, si de petits tuyaux traversés par ces substances gazeuses sont susceptibles de s'obstruer, les gaz s'accumuleront et se comprimeront jusqu'à ce que leur force expansive puisse expulser les objets qui s'opposaient à leur passage; et on sent qu'alors il y aura une éruption dont la force sera en rapport avec la puissance de l'obstacle. Il n'est pas même nécessaire de recourir à l'intervention d'émanations de gaz intérieurs pour expliquer les éruptions intermittentes d'eau qui ne contiennent pas de matières étrangères au sol d'où elles jaillissent. Il suffit, ainsi que l'ont prouvé les expériences de M. Triger (1), de supposer qu'une cavité échauffée par la chaleur centrale soit accessible à une source. L'eau s'y transformera en vapeur, et, lorsque celle-ci sera suffisamment comprimée, elle fera une explosion, et, en s'échappant, elle donnera naissance à un nouveau vide, dans lequel il se reformera de la nouvelle vapeur, et ainsi de suite.

On a aussi attribué aux salses une origine moins liée avec les grands phénomènes géologiques, et on a supposé que le gaz qui fait ainsi jaillir l'eau, la boue et les pierres, se forme à de petites profondeurs par la décomposition de matières végétales. Nous convenons qu'il n'est point impossible que des décompositions de ce genre donnent quelquefois naissance à des phénomènes qui ont plus ou moins de rapport avec ceux des salses; mais nous avons peine à concevoir une cause assez constante de décomposition pour pouvoir entretenir pendant des siècles ces phénomènes sur un même point et avec une intensité à peu près uniforme.

(1) Mémoire sur un appareil à air comprimé pour percer les puits sous l'eau. Comptes rendus de l'Académie des sciences, XIII, 18.

On doit toutefois éviter de confondre les phénomènes des salses avec les *éjaculations boueuses* que nous avons dit p. 417 avoir quelquefois lieu lors de l'affaissement des montagnes volcaniques.

Les **émanations gazeuses** sont, comme on l'a vu ci-dessus, un des accessoires des phénomènes que présentent les volcans et les salses; mais, comme il y a des localités dont il ne se dégage que des gaz, ces émanations doivent aussi figurer d'une manière particulière dans l'énumération des phénomènes naturels.

Il est bien probable que les différents gaz, notamment la vapeur d'eau, que nous avons dit se trouver dans les éruptions volcaniques, forment aussi des émanations particulières; mais on n'a, en général, remarqué que celles qui sont caractérisées par la présence du grisou, du soufre, de l'acide carbonique et de l'acide borique.

Les premières, qui sont les plus communes et les plus remarquables, sont ordinairement désignées par les noms de **fontaines ardentes** ou de *terrains ardents*, parce que le grisou qui sort de terre, s'enflammant par des causes accidentelles, continue à brûler, comme celui qui s'échappe de nos appareils pour l'éclairage. Ces émanations se remarquent le plus communément dans le voisinage des salses : telles sont celles de Pietra-Mala, dans les Apennins de la Toscane, et celles du temple des Guèbres, près de Backu, sur les bords de la mer Caspienne, où les restes des disciples de Zoroastre viennent encore adorer l'objet de leur culte, et où l'on tire parti de ces feux naturels pour préparer les aliments et faire de la chaux.

Il se dégage aussi du grisou dans des lieux où rien n'annonce, comme dans les volcans, les salses et les fontaines ardentes, une communication avec le siége des grands phénomènes géologiques; tel est celui qui se rencontre souvent dans les mines de houille, et dont l'inflammation accidentelle cause quelquefois de si grands désastres. L'origine de ce gaz n'est pas connue; les uns croient qu'il se trouve enfermé dans la houille, d'autres, qu'il est le résultat de décompositions qui se passent dans cette dernière lorsqu'elle est mise en contact avec l'air extérieur.

Une troisième sorte d'émanation de grisou a lieu pendant les saisons chaudes, dans les marais et dans les mares; mais elles sont peu importantes, et leur origine s'explique aisément par la décomposition des matières organiques qui se trouvent enfouies dans la vase.

Les émanations gazeuses qui déposent du soufre sont ordinairement désignées par le nom de **solfatares**; elles ont le plus souvent lieu dans des volcans éteints, ou plutôt à peu près éteints, puisque le dégagement des gaz est encore un reste d'activité. Telle est la solfatare de Pouzzoles,

près de Naples. Ces émanations contiennent toujours une grande quantité de vapeur d'eau, et on ne sait pas très bien dans quel état s'y trouve le soufre; il paraît néanmoins qu'il y est, soit à l'état simple, soit à celui d'acide sulfhydrique, et que l'acide sulfureux que l'on y remarque provient de la combustion au jour, tant de la vapeur du soufre que de l'acide sulfhydrique.

Les émanations d'acide carbonique que l'on désigne souvent par le nom de **mofettes** se remarquent principalement dans les terrains volcaniques; telle est celle de la grotte du Chien sur les bords du lac d'Agnano près de Naples. On trouve aussi dans les mines, dans les puits et dans d'autres cavités souterraines, de l'acide carbonique, dont l'origine paraît devoir être attribuée à la décomposition des matières organiques ou d'autres substances contenant du carbone, et que, par cette raison, on ne doit pas confondre avec celui qui, formant des courants à peu près constants, paraît être le résultat des mêmes causes que celles qui produisent les éruptions volcaniques.

Les émanations d'acide borique sont connues en Toscane sous le nom de **Soffioni,** le plus souvent elles ont lieu dans de petits lacs nommés *lagoni* où l'on recueille l'acide dissout dans l'eau pour faire du borax. Lorqu'elles ont lieu par des crevasses sèches, elles altèrent les roches et déposent de petits cristaux de Sassoline.

Les **sources de pétrole** sont aussi des phénomènes très rapprochés des salses et des fontaines ardentes, car on sait que cette matière ne diffère, pour ainsi dire, du grisou que parce qu'elle est à l'état liquide au lieu d'être à l'état gazeux, et on sent que les gaz qui traversent l'écorce du globe peuvent être quelquefois dans le cas de se liquéfier, plutôt que de conserver leur état gazeux. On a aussi attribué l'origine du pétrole à des décompositions ou à des distillations de dépôts superficiels; mais on conçoit difficilement comment des phénomènes de cette nature peuvent donner naissance à des produits constants et sans que l'on voie des traces d'incendie. Il paraît, au contraire, beaucoup plus simple de voir dans l'origine du pétrole un effet de la même cause qui produit les phénomènes ignés, et cette manière de voir, si conforme à la simplicité des opérations de la nature, a encore, dans le cas actuel, l'avantage de nous expliquer pourquoi les sources de pétrole et les bitumes en général se trouvent presque toujours dans le voisinage des salses, des fontaines ardentes et des dépôts volcaniques.

L'une des plus abondantes de ces sources se trouve près de Backu, que nous venons de citer pour ses fontaines ardentes.

Les **incendies des roches combustibles,** telles que la houille,

l'anthracite, le lignite, ont été rapprochés des grands phénomènes ignés dont nous venons de parler, et sont ordinairement désignés par l'épithète de spontanés, parce que, effectivement, ils doivent assez communément leur origine à la décomposition des pyrites ; mais, comme celles-ci, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, ne se décomposent qu'autant qu'elles sont exposées au contact de l'air, et que les roches combustibles ne peuvent brûler qu'autant qu'elles aient aussi ce contact, ces incendies ne prennent ordinairement naissance que dans les lieux où les travaux des mineurs ont préparé ces deux circonstances ; aussi parvient-on quelquefois à les éteindre en bouchant toutes les communications entre l'air extérieur et les couches combustibles ; mais souvent on croit avoir atteint ce but, lorsque l'on a seulement arrêté la marche de l'incendie, et, si l'on rouvre des communications avec l'air extérieur, le feu reprend toute sa force. Ces incendies peuvent durer un temps extrêmement long : c'est ainsi qu'il existe près de Planitz en Saxe, une mine de houille qui brûlait déjà de temps immémorial, il y a trois siècles, et qui n'était point encore éteinte en 1801, malgré les mesures que l'on avait prises à cet effet.

Les divers phénomènes ignés dont nous venons de parler déterminent des **altérations** ou changements plus ou moins prononcés **dans les roches** au voisinage desquelles ils se passent. C'est ainsi que les incendies souterrains ne se bornent pas à brûler les roches combustibles, mais ils modifient aussi la nature et les autres caractères des roches environnantes. Souvent ces modifications se bornent à faire passer les argiles et les schistes à un état analogue à celui des briques, mais d'autres fois la chaleur est assez forte pour que ces roches prennent des textures compactes ou scoriacées, et qu'elles se transforment en porcellanite. Quelquefois aussi, il se dégage des vapeurs sulfureuses et ammoniacales qui imprègnent les roches environnantes et donnent naissance à des substances salines, notamment à de l'alun et à de la couperose, qui font l'objet d'exploitations plus ou moins avantageuses.

Les laves produisent quelquefois sur les matières qu'elles traversent, qu'elles enveloppent ou qu'elles recouvrent des effets analogues à ceux des incendies souterrains, c'est ainsi que l'on voit dans leur voisinage des argiles et des schistes transformés en porcellanite. On voit aussi du granit qui a pris une texture celluleuse ou un aspect vitreux, du calcaire compacte qui a pris une texture cristalline, du bois transformé en charbon, etc. Mais l'action des laves est très variable, et on les voit quelquefois reposer sur des roches qui n'ont point éprouvé d'altération sensible.

Ce sont surtout les émanations gazeuses qui produisent les altérations

les plus importantes : quelquefois elles changent tout à fait les caractères des roches, c'est ainsi que les émanations sulfureuses désagrègent les roches feldspathiques et leur font perdre leurs éléments alcalins ; d'autres fois, notamment en Toscane, ces émanations sulfureuses transforment du calcaire en gypse. Les émanations qui s'échappent des volcans, aidées par la dilatation résultant de la chaleur, déterminent dans l'intérieur des roches, la formation de cristaux ou de concrétions de diverses substances, telles que de l'oligiste spéculaire, du soufre, du réalgar, du sel marin, du salmiac, de l'attacamite, etc. Il paraît même que ces émanations donnent naissance à la production de silicates et d'hydrosilicates.

Les eaux minérales font aussi éprouver des altérations aux matières qu'elles traversent, et M. Daubrée a reconnu dernièrement qu'elles avaient déterminé la formation de zéolites dans les mortiers que les Romains avaient employés dans leurs travaux aux eaux de Plombières.

CHAPITRE II

DES PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES ANTÉRIEURS A LA PÉRIODE ACTUELLE.

Si l'on compare ce que nous venons de dire sur les phénomènes qui ont lieu actuellement avec les notions que la géographie et la géognosie nous donnent sur l'état du globe, on sent que cet état n'a pu être produit par ces phénomènes restreints dans leurs limites actuelles; mais, comme nous n'avons pas d'autres moyens de nous former une idée des phénomènes antérieurs que la comparaison des résultats qu'ils ont produits avec ceux des phénomènes actuels, lesquels ne consistent qu'en de simples déplacements ou transformations, nous n'avons aucune donnée sur la cause de l'origine du globe terrestre, et le terme le plus éloigné où nos conjectures puissent remonter nous porte à considérer comme **état primitif de la terre** un temps où les matières qui composent cette planète étaient à l'état gazeux, hypothèse à laquelle nous sommes conduits par des considérations d'ordres différents. D'abord le calcul a prouvé aux astronomes que la terre a précisément pris la forme qu'elle devait prendre si elle avait été fluide. D'un autre côté, on a vu ci-dessous que les observations faites sur sa température intérieure, ainsi que les recherches auxquelles on s'est livré pour expliquer les causes des volcans, des tremblements de terre et de quelques autres phénomènes, conduisent à supposer que l'intérieur du globe est encore à l'état de fluidité ignée.

On a objecté, contre cette hypothèse de la fluidité ignée de l'intérieur, la difficulté de trouver la cause d'une chaleur suffisante pour fondre les matières qui composent l'intérieur de la terre, tandis que les espaces

les plus importantes : quelquefois elles changent tout à fait les caractères des roches, c'est ainsi que les émanations sulfureuses désagrègent les roches feldspathiques et leur font perdre leurs éléments alcalins; d'autres fois, notamment en Toscane, ces émanations sulfureuses transforment du calcaire en gypse. Les émanations qui s'échappent des volcans, aidées par la dilatation résultant de la chaleur, déterminent dans l'intérieur des roches, la formation de cristaux ou de concrétions de diverses substances, telles que de l'oligiste spéculaire, du soufre, du réalgar, du sel marin, du salmiac, de l'attacamite, etc. Il paraît même que ces émanations donnent naissance à la production de silicates et d'hydrosilicates.

Les eaux minérales font aussi éprouver des altérations aux matières qu'elles traversent, et M. Daubrée a reconnu dernièrement qu'elles avaient déterminé la formation de zéolites dans les mortiers que les Romains avaient employés dans leurs travaux aux eaux de Plombières.

CHAPITRE II

DES PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES ANTÉRIEURS A LA PÉRIODE ACTUELLE.

Si l'on compare ce que nous venons de dire sur les phénomènes qui ont lieu actuellement avec les notions que la géographie et la géognosie nous donnent sur l'état du globe, on sent que cet état n'a pu être produit par ces phénomènes restreints dans leurs limites actuelles; mais, comme nous n'avons pas d'autres moyens de nous former une idée des phénomènes antérieurs que la comparaison des résultats qu'ils ont produits avec ceux des phénomènes actuels, lesquels ne consistent qu'en de simples déplacements ou transformations, nous n'avons aucune donnée sur la cause de l'origine du globe terrestre, et le terme le plus éloigné où nos conjectures puissent remonter nous porte à considérer comme **état primitif de la terre** un temps où les matières qui composent cette planète étaient à l'état gazeux, hypothèse à laquelle nous sommes conduits par des considérations d'ordres différents. D'abord le calcul a prouvé aux astronomes que la terre a précisément pris la forme qu'elle devait prendre si elle avait été fluide. D'un autre côté, on a vu ci-dessous que les observations faites sur sa température intérieure, ainsi que les recherches auxquelles on s'est livré pour expliquer les causes des volcans, des tremblements de terre et de quelques autres phénomènes, conduisent à supposer que l'intérieur du globe est encore à l'état de fluidité ignée.

On a objecté, contre cette hypothèse de la fluidité ignée de l'intérieur, la difficulté de trouver la cause d'une chaleur suffisante pour fondre les matières qui composent l'intérieur de la terre, tandis que les espaces

planétaires sont, autant que nous pouvons en juger, à une température très basse. Mais il est facile de répondre à cette objection, car on sait que, quand les gaz passent à l'état solide, il se dégage beaucoup de chaleur. De sorte que, dès que nous supposons que les matières qui forment la terre se sont trouvées à l'état gazeux, et qu'une cause quelconque a déterminé la transformation de ces gaz en liquide, nous trouvons la source d'une chaleur immense; quand même ces gaz auraient été, lorsque le phénomène s'est produit, à une température aussi basse que celle dont nous supposons que les espaces planétaires sont doués maintenant. Or, il est à remarquer que l'existence de masses gazeuses dans l'espace répugne d'autant moins à l'imagination que les astronomes croient en avoir observé dans le ciel actuel, et que la physique nous apprend que les corps ont en général la faculté de passer, dans certaines circonstances, par les trois états de gaz, de liquide et de solide.

Si maintenant nous examinons ce qui a dû arriver lorsque la majeure partie de la masse terrestre aura été transformée de l'état gazeux à l'état liquide, nous sentirons qu'un des premiers phénomènes a dû être une tendance au refroidissement, puisque cette masse avait pris une température beaucoup plus élevée que celle de l'enceinte où elle se trouvait. Or, l'un des premiers effets de cette diminution de chaleur a dû être la **formation par coagulation** d'une croûte solide autour de la masse liquide, de même que nous voyons se former une croûte sur les bains de métal en fusion de nos fourneaux lorsque l'on cesse d'entretenir le feu, et de même que nous voyons se former de la glace sur nos étangs, lorsque la température extérieure s'abaisse suffisamment. Ce premier mode de formation des roches solides qui s'opère de haut en bas, doit se continuer aussi longtemps que le refroidissement ne sera pas assez complet, pour qu'il n'y ait plus de matières à l'état de fluidité ignée dans l'intérieur du globe.

On sent également que, dans les premiers moments qui ont suivi la formation d'une masse liquide, la chaleur devait être telle que l'atmosphère de cette masse devait contenir, outre les fluides qui composent notre atmosphère actuelle, l'eau qui se trouve maintenant à la surface de la terre et une foule d'autres matières sublimées. Or, dès que la température aura commencé à diminuer, ces matières auront tendu à se précipiter à la surface de la terre, et auront ainsi contribué à la formation de sa croûte solide, par l'addition de sédiments qui se déposèrent sur les matières coagulées, mais dans un ordre différent, c'est à dire de bas en haut. Cette **formation par précipitation atmosphérique** a dû se prolonger, jusqu'à ce que le refroidissement de la surface terrestre ait

été assez avancé pour que sa température se trouvât à peu près en équilibre avec les effets de l'action solaire; mais, aussitôt que le refroidissement aura permis aux eaux de demeurer à la surface de la terre, les produits de la précipitation atmosphérique auront été, en quelque manière, absorbés par ceux d'un nouveau mode de formation sédimentaire.

On conçoit, en effet, que les matières solides qui pouvaient encore tomber de l'atmosphère, se mêlaient avec celles beaucoup plus abondantes qui se déposaient dans les eaux. On conçoit également que les **précipitations aqueuses** qui s'opéraient dans ces temps anciens devaient avoir une énergie dont les phénomènes qui se passent dans nos eaux actuelles ne peuvent nous donner qu'une bien faible idée, car des eaux qui étaient imprégnées d'une bien plus grande quantité de principes étrangers, qui avaient une température beaucoup plus élevée et qui étaient plus agitées, devaient donner lieu à des phénomènes chimiques et mécaniques beaucoup plus développés que ceux que produisent nos eaux actuelles.

Enfin, dès qu'il y a eu une écorce solide autour du globe, il a dû s'opérer un quatrième mode de **formation**, celui **par éjaculation** ou injection de matières fluides du dessous poussées vers le haut. Nous avons, en effet, déjà fait remarquer, en parlant des volcans (p. 424), que, quand un liquide passe à l'état solide, une partie de la masse se transforme en gaz, et que ces gaz mélangés avec le liquide peuvent déterminer l'ascension de celui-ci; mais une autre cause, dont nous parlerons tout à l'heure, a dû déterminer anciennement des ascensions de fluide intérieur bien plus énergiques que celles qui ont lieu actuellement.

Du reste, il a dû exister originairement une **liaison entre ces quatre modes de formation** qui n'a plus lieu maintenant entre les phénomènes analogues; car la nature des choses établissait alors des rapports qui n'existent plus. On sent, par exemple, qu'il ne devait pas y avoir beaucoup de différence entre les matières qui, lors du commencement de la consolidation de la croûte du globe, se coagulaient directement à la surface et celles qui se précipitaient de l'atmosphère, d'autant plus que ces précipitations ayant dû commencer avant que la masse liquide ait été recouverte d'une croûte solide, les matières précipitées se seront mêlées avec celles qui se coagulaient et auront ainsi augmenté les rapports qui devaient déjà exister entre ces matières.

Une autre cause de mélanges, et par conséquent de liaisons, résulte des fréquentes ruptures qu'ont dû éprouver ces premières croûtes solides.

Car si nos marées et nos tempêtes rompent fréquemment les glaces qui se forment à la surface de nos mers et de nos lacs, et les refoulent dans diverses directions, soit pour se fondre dans une eau moins froide, soit pour s'accumuler dans d'autres lieux et y former des amas de glaçons disposés dans divers sens, on conçoit que des fractures et des transports de ce genre, mais beaucoup plus énergiques, ont dû se passer sur l'immense Océan formé par les premières matières liquides, Océan qui était entouré d'une atmosphère beaucoup plus compliquée que la nôtre, et où devaient, par conséquent, se passer des phénomènes météorologiques plus violents et plus fréquents que ceux que nous voyons maintenant.

D'un autre côté, l'espèce d'antagonisme qui a dû s'établir entre les premières eaux que ces phénomènes météorologiques ont amenées à la surface de la terre, et l'action de la chaleur qui tendait à les faire repasser à l'état gazeux, donnait sans doute naissance à des phénomènes particuliers, et devait établir beaucoup de rapports entre les produits des précipitations atmosphérique et aqueuse.

Enfin les éjaculations venant de l'intérieur qui sont, comme on l'a vu à l'occasion des volcans, une cause de mélange entre les dépôts plutoniens et neptuniens, devaient avoir bien plus de développement dans les temps anciens que maintenant.

La cause de ce développement est due à des phénomènes que M. Élie de Beaumont a signalés sous les noms de **bossellement et de ridement de l'écorce terrestre,** lesquels paraissent être une conséquence nécessaire du refroidissement du globe. On conçoit en effet que, quand une écorce solide aura été formée, cette écorce devra perdre moins de chaleur que le noyau liquide, puisqu'elle aura pris une température moins différente que celle de l'enceinte extérieure, et que l'action du soleil développe à la surface de la terre une chaleur qui, dans le moment actuel, est telle que les physiciens ont calculé que la transmission de la chaleur intérieure n'entre que pour une fraction de degré dans la température dont nous jouissons. Or, comme les corps diminuent en général de volume en raison de la chaleur qu'ils perdent, il en résulte que le noyau liquide a dû diminuer plus que son écorce, ou, en d'autres termes, que celle-ci, devenant trop grande pour celui-là, a dû se bosseler. Le bossellement devait d'abord se faire d'une manière lente et insensible, mais il a dû arriver un moment où la déformation devenant trop forte, il s'est opéré une fracture ou écrasement qui aura déterminé une révolution brusque, par la raison que quand on bande trop fortement un arc, celui-ci après s'être courbé finit par se rompre avec une fracture vio-

lente. D'un autre côté, la loi de simplicité qui préside aux opérations de la nature, a porté M. de Beaumont à penser que ces fractures devaient se faire parallèlement à un demi grand cercle du sphéroïde terrestre, et donner naissance à une ride en forme de fuseau ou côte de melon dont le demi grand cercle serait la ligne médiane, attendu que cette forme est la plus simple de toutes celles qui peuvent résulter de la tendance d'un sphéroïde à se resserrer.

La continuation du refroidissement devant amener le renouvellement successif des mêmes phénomènes, il a dû en résulter une série de rides dans lesquelles M. de Beaumont voit l'**origine des montagnes**, hypothèse qui est tout à fait en harmonie avec l'aspect déchiré et le relèvement des couches qui caractérisent la plupart des montagnes. Une autre conséquence de cette manière de voir, c'est que toutes les élévations ou autres accidents de l'écorce terrestre formés par une même révolution doivent avoir la même direction, et en effet on remarque que quand une chaîne de montagnes forme une ligne courbe ou brisée, elle peut se décomposer en séries d'éléments rectilignes ou parallèles qui doivent leur origine à des soulèvements différents dont on peut reconnaître l'âge relatif (1). On conçoit toutefois que les révolutions nouvelles tendant à effacer les traces des révolutions antérieures, il est quelquefois très difficile de reconnaître ces traces, et qu'il faudra longtemps avant que l'écorce du globe soit assez bien étudiée pour y lire l'indication de toutes les révolutions qu'elle a éprouvées. Cependant M. de Beaumont a déjà déterminé dans l'Europe occidentale l'âge relatif de plusieurs soulèvements ou **Systèmes de montagnes**, qu'il désigne respectivement par le nom de contrées ou de montagnes sur lesquelles ils ont agi. Nous allons donner l'indication des principaux de ces systèmes dans l'ordre de leur ancienneté (2).

1° *Système de la Vendée*, dirigé du N. N. O. au S. S. E. (3).

(1) Parmi les objections que l'on a faites contre l'hypothèse que les rides formées à une même époque étaient parallèles à un même grand cercle, on a invoqué l'exemple d'une pomme ratatinée ; mais il n'y a aucun rapport entre les deux phénomènes, car l'intérieur de la pomme n'est pas fluide et l'écorce s'y trouve comme soudée sur tous les points, de sorte que, quand même cette écorce aurait la rigidité nécessaire pour ne pas se laisser tirailler en tous sens, elle ne pourrait pas encore suivre les lois générales de la mécanique des corps rigides.

(2) On ne doit pas confondre ces *systèmes géogéniques* avec les *systèmes géographiques* dont nous avons parlé dans le livre premier et qui ont simplement pour but de grouper des montagnes auxquelles l'usage donne des noms différents quoiqu'elles présentent des rapports de position qui réclament une dénomination collective.

(3) Les directions indiquées dans cette énumération se rapportent à la localité principale qui donne la dénomination au système. Lorsque cette dénomination annonce une étendue assez considérable pour que l'orientation ne soit plus la même dans ses diverses parties, on désignera la localité spéciale à laquelle elle se rapporte. On trouvera dans les publications de M. de Beau-

2° *Système du Finistère*, orienté E. 21° 45′ N.

M. de Beaumont considère ces deux systèmes comme antérieurs au terrain silurien; mais, comme ils n'ont encore été étudiés que sur un espace restreint, on n'a pu, jusqu'à présent, s'en servir pour établir des distinctions générales dans les dépôts appartenant à ces temps reculés.

3° *Système du Longmynd* (1), dirigé N. 25° E. Ce système, formé entre les phyllades de Llandeilo et le psammite de Caradoc, s'observe non seulement dans l'ouest de l'Angleterre, mais aussi dans la Normandie, la Bretagne, le Limousin, l'Erzgebirge, la Moravie, la Finlande, etc.

4° *Système du Morbihan*, orienté E. 38° 15′ S.

M. de Beaumont a reconnu que cette révolution, qui a donné lieu aux traits les plus caractéristiques de la Bretagne, est postérieure aux trois systèmes précédents. Ses observations l'avaient également porté à conclure qu'elle était antérieure au terrain silurien, mais, comme il reste encore des doutes sur le classement des dépôts les plus anciens de la Bretagne, il serait possible que cette révolution correspondît à la discordance de stratification observée en Angleterre entre le psammite de Caradoc et le calcaire de Wenlock. Il paraît que l'on a aussi observé de ses traces dans le Limousin, à Messine, dans le Bœhmerwald, en Ukraine, etc.

5° *Système du Westmoreland et du Hundsrück*, orienté au défilé de Bingerloch sur le Rhin E. 31° 30′ N. Ce soulèvement, qui a été très important, a eu lieu entre le terrain rhénan et le terrain dévonien. Il se manifeste, non seulement en Angleterre et au Hundsrück, mais aussi dans le Taunus, dans le Fichtelgebirge, dans le Frankenwald, dans le Harz, dans l'Erzgebirge, en Bohême, en Ardenne, dans les Vosges, dans la Montagne-Noire, dans le Bigorre, aux îles d'Hyères, etc.

6° *Système des Ballons* (Vosges) *et des collines du Bocage normand*, orienté au Ballon d'Alsace O. 16° N. Ce soulèvement a eu lieu entre la formation du calcaire carbonifère et celle du millstone gris des Anglais, et a donné naissance aux montagnes en forme de ballons des Vosges, du Schwartzwald, du Harz; il a également laissé des traces dans le sud-est de l'Angleterre, en Bretagne, dans la Lozère, etc.

mont des règles et des tables pour calculer les angles qu'un grand cercle, ayant une direction déterminée dans un lieu, forme avec le méridien d'un autre lieu, ainsi que le résultat d'un grand nombre de ces calculs.

(1) Le Longmynd est une chaîne de collines dans le Shropshire, contrée de l'ouest de l'Angleterre.

7° *Système du Forez*, dirigé N. 15° O. Ce soulèvement se serait opéré entre les étages moyen et supérieur du terrain houiller. Il a produit de nombreuses dislocations dans le plateau central et dans l'ouest de la France, ainsi qu'en Angleterre, etc.

8° *Système du nord de l'Angleterre*, dirigé dans le Yorkshire N. 5° O. Ce soulèvement, qui a eu lieu entre le terrain houiller et le terrain pénéen, paraît avoir aussi laissé de ses traces dans les montagnes des Maures, dans le Maroc, dans les îles d'Aland et de Gothland, dans le nord de la Russie, etc.

9° *Système des Pays-Bas* (1) *et du sud du pays de Galles*, orienté à Mons en Hainaut E. 5° N. et formé entre le zechstein et le grès des Vosges. Ce soulèvement a plissé les vastes dépôts houillers qui s'étendent depuis le pays de Galles jusqu'en Westphalie. On en voit également des effets dans l'ouest de la France, dans le sud de la Russie, etc.

10° *Système du Rhin*, dirigé N. 21° E. Cette révolution, qui a eu lieu entre le grès des Vosges et le grès bigarré, a donné naissance aux escarpements qui bordent la vallée ou plaine du Rhin entre Bâle et Mayence. Elle a également laissé des traces dans le centre de l'Allemagne et de la France, dans les îles Britanniques, en Scandinavie, etc.

11° *Système du Thüringerwald, du Bœhmerwald et du Morvan*, dont la direction au Greifenberg est O. 39° N., et qui s'est formé entre les terrains triasique et jurassique.

12° *Système du Mont-Pilas, de la Côte-d'Or et de l'Erzgebirge*, orienté à Dijon E. 40° N. Ce soulèvement a eu lieu entre la formation du terrain jurassique et celle du terrain crétacé.

13° *Système du Vercors* en Dauphiné, orienté N. 8° E. et dont l'époque n'est pas encore bien déterminée.

14° *Système du Mont Viso et du Pinde*, orienté au Mont Viso N. 22° 30′ O. et formé entre les terrains crétacé inférieur et supérieur.

15° *Système des Pyrénées*, orienté au pic de Néthou O. 18° N. et formé immédiatement après le terrain nummulitique. Il est plus important qu'aucun de ceux qui l'ont précédé, et a produit des montagnes beaucoup plus élevées. Nous citerons, outre les Pyrénées, de nombreux chaînons des Apennins, des montagnes de la Péninsule slavogrecque (*Système Achaïque* de MM. Boblaye et Virlet), de la Hongrie, de l'Allemagne, des Alpes, etc.

(1) M. de Beaumont, qui avait créé cette dénomination lorsque le royaume des Pays-Bas comprenait le royaume actuel de Belgique, avait depuis substitué, avec raison, le nom de *Hainaut* à celui des Pays-Bas. Probablement que c'est par inadvertance que ce dernier nom s'est retrouvé dans les dernières publications de M. de Beaumont.

16° *Système des îles de Corse et de Sardaigne*, dirigé du nord au sud, et formé entre le gypse de Montmartre et le grès de Fontainebleau. On peut y rapporter divers accidents intérieurs de la France, de la Péninsule slavogrecque, de la Hongrie, etc.

17° *Système de l'île de Wight, du Tatra, du Rilo-Dagh, et de l'Hœmus*, orienté au Tatra 0.4° 50′ N. et formé entre le grès de Fontainebleau et le calcaire de la Beauce. Il a non seulement exercé une grande influence sur les montagnes citées ci-dessus, mais aussi sur certaines parties des Alpes, du Jura, etc.

18° *Système du Sancerrois et de l'Érymanthe*, orienté à Sancerre E. 26° N. Il paraît avoir pris naissance entre le calcaire de la Beauce et le falun de Touraine.

19° *Système des Alpes occidentales*, dirigé en Dauphiné N. 26° E. Ce soulèvement, qui a eu lieu entre les terrains miocène et pliocène, se manifeste aussi dans la Grèce où MM. Virlet et Boblaye l'ont nommé *Système Dardanique*, dans l'intérieur de la France et de l'Allemagne, en Scandinavie, etc.

20° *Système de la chaîne principale des Alpes*, depuis le Valais jusqu'en Autriche, orienté en Tyrol O. 11° 15′ S. Ce système, qui est d'une très grande importance, s'est formé entre le terrain pliocène et les terrains quaternaires. Il se retrouve dans la plupart des chaînes de montagnes de l'Espagne, dans le Balkan, dans le Caucase, dans l'Himalaya, etc.

La comparaison des systèmes que nous venons d'énumérer fait voir que souvent deux systèmes consécutifs sont perpendiculaires l'un à l'autre, ce qui paraît être une conséquence de la cause attribuée à ces rides ; car on conçoit que, quand la croûte du globe s'est ridée dans un sens, il en résulte une légère déformation qui détermine la ride suivante à se faire dans un sens perpendiculaire à la précédente, afin de rétablir la forme normale. Une fois que ce rétablissement s'est opéré, il n'y a plus de nécessité que la ride suivante soit perpendiculaire à l'une des précédentes, ce qui explique la variété des directions.

M. de Beaumont, persuadé que cette variété n'était pas non plus l'effet du hasard, mais devait se rapporter à une loi simple, a cherché (1) à se rendre raison de cette loi, et il a observé que les angles sous lesquels se coupent les grands cercles qui représentent les différents systèmes de montagnes n'ont pas des valeurs purement accidentelles,

(1) Voir le compte rendu de l'Académie des sciences de l'Institut de France, du 9 septembre 1850.

mais que leurs valeurs, toujours un peu incertaines, à cause de la divergence des observations partielles, tendent à se grouper entre elles, lorsqu'on les range par ordre de grandeur dans l'étendue d'un quart de circonférence. Il a remarqué de plus que ces groupes ne sont pas placés arbitrairement sur le quart de circonférence : leurs positions suivent, au contraire, une loi dont il a trouvé la clef en rapprochant des groupes d'angles dont il s'agit, les angles qui existent dans un réseau régulier de grands cercles tracés sur la sphère, auquel il a donné le nom de *réseau pentagonal*. Le réseau pentagonal a pour base quinze grands cercles qui divisent la surface de la sphère en vingt triangles équilatéraux et en douze pentagones réguliers. Il contient en outre une foule d'autres cercles coordonnés régulièrement avec les premiers. Les quinze grands cercles fondamentaux jouissent de la propriété remarquable de constituer dans une enveloppe sphérique le système de plus facile écrasement.

Une conséquence de l'hypothèse qui attribue l'origine des montagnes au ridement de l'écorce du globe conduit à admettre que l'**époque la plus favorable à la formation des hautes montagnes** à dû être celle des rides les plus nouvelles. Car le peu d'épaisseur de la croûte du globe dans les commencements ne permettait pas que les fragments qui se redressaient formassent de grandes élévations, et l'on conçoit que ces élévations ont dû devenir de plus en plus considérables à mesure que la croûte s'épaississait. Or, quoique M. de Beaumont ait établi l'âge relatif des vingt systèmes de montagnes indiqués ci-dessus d'après des considérations différentes, c'est à dire d'après celui des couches qui se trouvent relevées et de celles qui ont conservé leur position horizontale, on voit que les systèmes les plus anciens ne présentent que des collines peu élevées, tandis que les plus hautes montagnes appartiennent aux systèmes les plus nouveaux; circonstance qui établit une grande présomption en faveur de l'hypothèse des rides, tandis qu'elle est complétement incompatible avec les autres hypothèses que l'on a proposées pour expliquer l'origine des montagnes.

Nous ne devons pas dissimuler toutefois que M. de Beaumont indique encore sous le nom de *système du Ténare* et d'*axe volcanique de la Méditerranée*, des systèmes postérieurs à ceux dont nous avons donné l'énumération et qui, au lieu de coïncider avec de hautes chaînes se rapportent seulement à des fentes ou à des montagnes isolées; mais il est à remarquer que ces accidents, bien loin de contrarier l'hypothèse des rides, nous paraissent la confirmer. On conçoit, en effet, que, dans cette hypothèse, il peut arriver une époque où l'écorce de la terre

atteindra une épaisseur telle qu'elle ne pourra plus se rider, soit que le retrait du noyau central détermine simplement la formation de cavités intérieures, c'est à dire de *chambres*, selon le langage des fondeurs, soit que ce retrait donne lieu, entre les pièces séparées qui composent l'écorce, à un jeu analogue à celui qui se passe dans les voussoirs d'une voûte qui s'affaisse. Cette dernière supposition paraît d'autant plus probable que les nombreuses rides qui se sont successivement croisées ont dû diviser l'écorce du globe en une multitude de masses qui reposent sur une base liquide et dont la séparation est entretenue par les agitations dont nous avons parlé sous le nom de tremblements de terre. Or, la circonstance que les gaz qui se forment en dessous de l'écorce du globe, ainsi que les liquides qu'ils entraînent, s'échappent maintenant par les soupiraux que l'on appelle volcans sans être accompagnés de rides, semble annoncer que l'**époque** des rides est passée et qu'elle est remplacée par celle **des éruptions volcaniques**, phénomène qui paraît n'avoir commencé que depuis que la formation des rides a cessé; car tout annonce qu'il n'y a pas eu d'éruption volcanique avant la période quaternaire et que la formation des terrains trachytique et basaltique se rapproche beaucoup plus des éjaculations à la manière des porphyres qu'à des éruptions analogues à celles de nos volcans.

On avait cru, à la vérité, pouvoir rapporter à l'époque des volcans la formation, dans un autre hémisphère, d'une grande ride présentant des montagnes très élevées et que l'on a désignée par le nom de *Système des Andes;* mais les nouvelles observations qui ont été faites sur la constitution géologique des Andes, notamment par MM. Boussingault, Alcide d'Orbigny et Pissis, annoncent que le soulèvement principal de cette chaîne remonte à une époque antérieure, et que la dernière révolution qui a agi sur ces montagnes n'a fait que donner naissance aux volcans qui les surmontent, phénomène tout à fait semblable à celui qui a donné naissance aux volcans de la Méditerranée.

Cette manière de voir explique pourquoi les séries de volcans situées sur le grand cercle passant par les Andes, les îles Aleutiennes, les îles Kouriles, le Japon, les îles de la Sonde, présentent souvent de petites lignes dont les directions, au lieu d'être parallèles à ce grand cercle, le coupent sous divers angles. Car on conçoit que, quand l'écorce du globe ne s'est plus prêtée à la formation de nouvelles rides, les matières qui tendaient à s'élever dans cette écorce devaient s'échapper non seulement par les nouvelles fractures qui venaient de se former, mais aussi par les portions voisines des fractures résultant de révolutions antérieures. Aussi M. de Beaumont a-t-il été conduit postérieure-

ment (1) à considérer comme contemporains le système du Ténare, celui des Andes et l'axe volcanique de la Méditerranée, et à y voir un *Système volcanique* tri-rectangulaire dont tous les cônes auraient surgi en même temps.

Ce fut sans doute, dit l'illustre géologue (2), « un jour redoutable « dans l'histoire des habitants du globe, et peut-être même dans l'his- « toire du genre humain, que celui où cette batterie volcanique, qui ne « compte pas moins de 270 bouches principales, vint à gronder pour la « première fois. Peut-être les traditions d'un déluge universel qu'on « rencontre chez la plupart des peuples américains, comme chez ceux « de l'ancien continent, se rapportent-ils à ce grand événement qui « n'aurait pu manquer d'être un grand désastre. »

On a fait, à la vérité, beaucoup d'autres hypothèses sur la cause du déluge ; on l'a, entre autres, attribué à des pluies extraordinaires, à la sortie d'eaux hors du sein de la terre, à des fontes de glaces ou de neiges, à des déplacements des eaux de la mer occasionnés, soit par des vents violents, soit par le changement du centre de gravité ou de l'axe de la terre, soit par l'attraction d'un corps céleste, soit par l'affaissement d'anciens continents. Mais dans le nombre de ces hypothèses, il en est plusieurs qui présentent des difficultés réelles et d'autres, notamment celles qui dépendent de causes astronomiques, qui n'ont pour elles que la possibilité théorique, mais qui ne se rattachent à aucun ensemble de faits généraux, tandis que l'on est conduit à celle que nous venons d'indiquer par une série de conséquences et d'observations qui se lient intimement (3).

(1) *Notices sur les systèmes de montagnes*, p. 1110.

(2) *Ibid.*, p. 762.

(3) Il y a cependant une de ces hypothèses qui mérite une mention particulière : c'est celle de M. Adhémar qui, partant de l'inégalité actuelle de la température des deux hémisphères et de la précession des équinoxes, pense qu'il y a eu une époque où l'accumulation des glaces au pôle boréal a déterminé le déplacement du centre de gravité de la terre et par conséquent celui du plus grand froid polaire, de sorte qu'il a dû s'opérer au pôle boréal, devenu le plus chaud, une débâcle qui a transporté les eaux vers le pôle austral. Cette hypothèse réunit à l'avantage de ne s'appuyer que sur des phénomènes actuels, celui d'expliquer d'une manière satisfaisante le grand froid qui paraît avoir régné dans les régions polaires boréales pendant la période quaternaire, ainsi qu'on le verra ci-après. Mais elle est tout à fait insuffisante pour rendre raison des dépôts diluviens qui ont été transportés dans une direction opposée à celle du nord au midi. Tels, par exemple, que les blocs de granit du Morvan et les blocs de quartzite de l'Ardenne répandus, les uns dans le bassin de Paris, les autres dans les plaines de la Campine ; faits qui se conçoivent lorsque l'on attribue les inondations diluviennes au soulèvement du sol, puisque dans ce dernier cas le transport des débris a dû s'opérer dans plusieurs directions différentes.

On pourrait aussi objecter, qu'en supposant qu'il se fasse réellement des accumulations de glaces dans l'hémisphère le plus froid, il n'est pas probable que le centre de gravité déterminerait un changement de température assez brusque pour donner lieu à une fonte de glace suffisante pour produire les grandes débâcles diluviennes, car on sait que quand un sol est couvert de neiges et a éprouvé une longue période de froid, il faut longtemps et beaucoup de chaleur pour déterminer la fonte des neiges et des glaces.

Il est à remarquer qu'en supposant que les mouvements imprimés à l'écorce terrestre par les premières éruptions volcaniques des Andes, du Ténare et de l'axe de la Méditerranée soient la cause du déluge historique, nous sommes loin de prétendre que tous les dépôts dont nous avons parlé sous le nom de diluvion ou terrain diluvien soient le résultat d'une seule catastrophe, nous croyons, au contraire, que ces dépôts ont été formés à diverses reprises et que plusieurs causes ont pu donner naissance aux grandes inondations qui les ont produit.

La formation d'un grand système de ride n'a pas dû se borner à donner naissance à un pli unique ; on conçoit, au contraire que, quand le ridement de l'écorce, le long d'un demi grand cercle, avait déterminé une fracture longitudinale, les lèvres de cette fracture, pressée comme dans un étau, devaient exercer une **pression latérale** sur les matières environnantes et y produire une série de plis plus ou moins étendus et plus ou moins irréguliers. Les personnes qui ont eu l'occasion de voir les effets singuliers de refoulements et de plissements que de simples remblais, faits de main d'homme, produisent sur des matières douées d'une certaine mollesse, se feront facilement une idée des effets prodigieux qui devaient résulter de la pression de masses semblables à celles qui constituent nos montagnes, à une époque où les matériaux qui composent l'écorce du globe avaient moins de rigidité qu'actuellement, ainsi que l'attestent les plis que présentent les couches qui ont subi cette action.

D'un autre côté, nous avons déjà eu l'occasion de faire remarquer (pag. 430) que la division de l'écorce du globe en pièces séparées reposant sur une masse liquide qui se contracte et dont la surface est agitée par des développements de gaz, doit donner lieu à des mouvements particuliers analogues à ceux que l'on observe dans le **jeu des voussoirs** d'une voûte qui s'affaisse; phénomène qui explique beaucoup de faits, notamment l'origine des failles (pag. 196), les alternatives de terrains marins et de terrains d'eau douce, l'émersion des massifs composés de couches qui ont conservé une position à peu près horizontale, les soulèvements qui ont encore lieu maintenant (p. 430), etc.

Enfin, le peu d'épaisseur et la flexibilité de l'écorce du globe dans les temps anciens, combinés avec la formation des dépôts, ont dû encore donner lieu à une autre cause de dérangement, c'est à dire à l'**affaissement des bassins**. On conçoit, en effet, que les dépôts qui se formaient dans les bas-fonds, soit par précipitation chimique, soit par le transport mécanique des sédiments, devaient peser sur ces bas-fonds de manière à déterminer successivement leur abaissement, ce qui explique

non seulement les massifs en forme de bassin que l'étude de la géognosie nous a fait connaître comme étant souvent plus épais vers le centre que sur les bords, mais aussi comment il se fait que l'on trouve des massifs excessivement épais et cependant remplis de corps organisés, tandis que l'observation des phénomènes actuels nous prouve que les êtres vivants ne peuvent subsister à de très grandes profondeurs.

On voit qu'en partant de l'hypothèse de la fluidité ignée et du refroidissement successif du globe, les lois ordinaires de la physique nous donnent les moyens de concevoir tous les phénomènes qui ont déterminé la formation ainsi que l'arrangement des matériaux qui composent l'écorce du globe, et que ces lois conduisent à admettre des révolutions brusques sans lesquelles il nous paraît impossible d'expliquer quelques-uns des faits que présente la structure de la terre. Tel est notamment celui de la présence, à plusieurs milliers de mètres d'altitude, de couches formées sous les eaux de la mer, ainsi que l'attestent les débris d'animaux marins qu'elles recèlent. Or, quelles que soient les phénomènes extraordinaires que l'on puisse supposer pour expliquer le séjour des eaux à une semblable hauteur, tels que le déplacement de la position astronomique du globe ou l'existence d'une masse d'eau immensément plus considérable que celle qui existe actuellement, il n'y a qu'un soulèvement brusque de ces montagnes qui peut rendre raison de cet état de choses depuis que l'étude de la géognosie a prouvé, par exemple, que des terrains marins, qui s'élèvent maintenant à plus de 3 000 mètres d'altitude dans les Alpes de la Savoie, se formaient à la même époque où les plaines du bassin de Paris étaient couvertes par des lacs d'eau douce dont les rivages étaient ombragés par des forêts de palmiers habitées par une grande quantité d'animaux terrestres. Il est à remarquer aussi que, tandis que les soulèvements brusques rendent parfaitement raison de l'aspect déchiré des montagnes et du redressement des couches qui les composent, toutes les autres hypothèses viennent, en quelque manière, se briser contre l'explication de cet état de choses.

Ces grandes dislocations du sol nous donnent aussi des moyens d'expliquer l'**origine des vallées,** question très complèxe dans laquelle plusieurs géologues n'ont vu qu'un effet de l'action érosive des eaux; mais, si nous cherchons à reconnaître comment celles-ci auraient pu creuser les vallées, nous voyons bientôt qu'il en est beaucoup qui ne peuvent avoir été formées de cette manière. En effet, l'eau ne peut couler que d'un point élevé vers un point plus bas; de sorte que si toutes les vallées étaient le résultat du passage des eaux, elles auraient toutes la direction de la pente générale du sol, et l'on ne verrait jamais une rivière

traverser une chaîne de montagnes plus élevée que la plaine où elle prend sa source, ce qui a cependant lieu dans beaucoup de contrées, ainsi qu'on a pu le voir dans la géographie. D'un autre côté, si nous examinons les effets que les eaux exercent maintenant sur les matières qui forment l'écorce solide du globe, nous verrons que cette action ne se fait sentir, d'une manière prononcée, que sur les matières meubles ou friables qui se désagrégent facilement, et que les nouveaux lits que se creusent nos rivières sont toujours pratiqués dans des sables ou dans d'autres dépôts meubles, tandis que les monuments historiques nous apprennent que les fleuves les plus forts et les flots les plus fougueux se brisent depuis des milliers d'années sur certains rochers, sans leur avoir fait éprouver de changements sensibles; d'où il résulte que, si les vallées avaient été produites par l'érosion des eaux, elles se seraient établies bien plutôt dans les dépôts meubles que dans les masses cohérentes, ce qui est précisément le contraire de ce qui a lieu; car nous voyons non seulement que les vallées les plus profondes et les mieux prononcées se trouvent toujours bordées de rochers escarpés très cohérents, mais que ces mêmes vallées, ou plutôt les cours d'eau auxquels elles servent d'écoulement, sont arrêtés par des dépôts meubles qui les forcent, pour ainsi dire, à rebrousser chemin. C'est ainsi, par exemple, que le Rhône qui, de Genève à Saint-Genis, en Savoie, coule du nord au sud, au milieu de roches calcareuses très cohérentes, change brusquement de direction, lorsqu'il rencontre les premières collines arénacées du Dauphiné, et rentre dans de hautes montagnes calcareuses qu'il traverse, en faisant un angle aigu avec sa première direction.

Ce même Rhône, ou plutôt le cours d'eau qui descend des Vosges dans la Méditerranée, et qui porte le nom de Saône et ensuite celui de Rhône, présente une autre circonstance, qui est tout aussi défavorable à l'hypothèse du creusement des vallées par les eaux; c'est que ce cours d'eau, au lieu de s'être frayé un chemin au milieu des dépôts meubles qui recouvrent la vaste plaine qui sépare le Jura et les Alpes des montagnes du centre de la France, suit, au contraire, le pieds de ces montagnes, en s'introduisant, pour ainsi dire, dans leur intérieur, de manière que l'on voit à Tournus, à Lyon et à Tain, sur la rive gauche du cours d'eau, des collines composées des mêmes roches cohérentes qui constituent les montagnes qui bordent la rive droite. Or, si l'on fait attention à la facilité que les eaux auraient eue pour tourner autour de ces espèces de caps, et aux difficultés, pour ne pas dire à l'impossibilité, de leur part, de se creuser un lit au milieu de rochers très cohérents, on demeurera convaincu que ces eaux, bien loin d'avoir creusé un sem-

blable lit, ont profité d'une ouverture qui se trouvait dans les massifs de rochers.

Le Danube et beaucoup d'autres fleuves offrent aussi la même disposition.

Une autre difficulté que plusieurs vallées, surtout celles des terrains primordiaux, présentent contre l'hypothèse de l'érosion, c'est l'existence des barres ou étranglements qui donnent souvent aux vallées l'aspect d'une série de bassins unis par des défilés ou couloirs étroits, tandis que, la masse d'eau qui coule dans une vallée allant généralement en augmentant, les vallées faites par érosion doivent tendre à s'élargir continuellement, depuis leur origine jusqu'au point où elles se perdent dans une plaine ou dans la mer.

Nous pourrions citer aussi les lacs qui présentent des enfoncements plus profonds que les points où l'action érosive des eaux superficielles a pu s'étendre. A la vérité, on répondra qu'il est inutile de combattre l'opinion que les lacs n'ont pas été formés par cette action, puisque les géologues qui lui attribuent le plus d'importance, sentant qu'elle aurait dû combler les lacs plutôt que de les creuser, ont été obligés de chercher une autre origine à ces enfoncements ; mais cette dernière circonstance est elle-même un argument contre le système qui voit l'effet de l'érosion dans toutes les vallées, puisque c'est avouer que ce système est insuffisant pour rendre raison de l'origine de certaines vallées ; car les lacs ne sont que des vallées ou des bassins qui n'ont pas, comme les vallées ordinaires, une ouverture plus basse que la partie la moins élevée de leur fond.

Il s'agit donc de rechercher si l'étude des phénomènes qui se passent encore et de ceux qui se sont passés dans l'écorce solide de notre planète ne nous indique pas des causes plus propres à expliquer l'origine des vallées barrées et étranglées. Or, ce que nous avons dit, sur l'origine des montagnes et sur le mode de formation des roches, nous donne les moyens de concevoir facilement l'origine de ces vallées ; ou plutôt, l'état de la plupart de nos vallées, surtout de celles des contrées formées de couches inclinées, est une des plus grandes preuves que l'on puisse produire en faveur de l'hypothèse que les montagnes sont le résultat des soulèvements, des plissements et des dislocations de l'écorce terrestre.

Vallées d'écartement. — On sent, en effet, que, si un massif de roches cohérentes a été fortement soulevé, il a dû non seulement se fendre sur un grand nombre de points, mais ses parties ont dû souvent s'écarter et laisser, par conséquent, entre elles des fentes ou enfoncements bordés par des escarpements rapides ; tandis que, si la cause soulevante a agi

sur des masses meubles, les éboulements n'auront pas permis aux fentes de s'établir; ce qui explique pourquoi les cours d'eau traversent des montagnes élevées et rebroussent chemin devant de petites arêtes arénacées. On conçoit également que, dans le système de l'écartement, les flancs d'une vallée présentent un angle saillant vis-à-vis d'un angle rentrant, et qu'ils soient formés des mêmes couches, disposées dans le même ordre, puisque souvent ces flancs ne sont que les parois d'une fente pratiquée dans une même masse.

L'écartement des masses minérales a dû aussi être occasionné par une cause agissant dans un sens différent de la force que nous supposons avoir donné naissance aux soulèvements. On a pu remarquer, en effet, par ce que nous avons déjà dit sur la formation des roches, que ces masses ont été plus chaudes ou plus imbibées d'eau qu'elles ne le sont maintenant. Or on sait que le refroidissement et le desséchement produisent, sur les matières qui en subissent les effets, des retraits qui, pour les corps de même nature, sont dans la proportion du volume; on sait également que, dès que les masses qui subissent ces retraits, sont telles que la force de cohésion est surpassée par celles qui agissent dans d'autres sens, il se forme, dans ces masses, des fentes plus ou moins considérables, et on sentira aisément que, si le desséchement de la boue d'une petite mare produit quelquefois des fentes de plus d'un centimètre d'ouverture, le desséchement d'un dépôt qui couvre une contrée entière, aura pu produire des écartements aussi larges que certaines vallées. Il est à remarquer aussi que ce genre d'écartement était dans le cas d'agir énergiquement sur une assise supérieure, tandis qu'il pouvait être insensible sur une assise inférieure : ce qui explique comment certaines vallées s'arrêtent avec certain terrain, sans s'enfoncer dans le terrain inférieur (1).

On conçoit également que quand la force soulevante agissait sur des

(1) On a objecté contre l'hypothèse de l'origine des vallées par simple écartement la circonstance que les flancs de la plupart des vallées présentent des pentes assez douces . mais, sans vouloir contester, ainsi qu'on le verra ci-après, que les eaux ont souvent modifié les cavités produites par les fractures du sol, je ferai remarquer que les mouvements du sol qui ont accompagné ces fractures et ceux qui se sont succédé depuis, ont dû occasionner des éboulements d'autant plus importants qu'il est bien probable que, dans beaucoup de cas, les roches dans lesquelles les fentes se sont produites avaient moins de ténacité lorsque les fentes s'opéraient qu'elles n'en ont maintenant ; de sorte que l'évasement d'une vallée ne suffit pas pour prouver qu'elle n'est pas le résultat d'un écartement, tandis que l'origine des vallées qui ont conservé les flancs qui se rapprochent de la direction verticale ne peut, selon moi, se concevoir que par l'écartement des masses dans lesquelles cette vallée est pratiquée. Je ne puis non plus concevoir, ainsi que je l'ai déjà indiqué ci-dessus, le creusement des lacs dans l'hypothèse des érosions, tandis que dans celle de l'écartement on conçoit que les lacs ne sont que des parties de fentes qui ont échappé davantage au comblement postérieur.

masses assez flexibles pour plier plutôt que de se fendre, et surtout quand cette force produisait une pression latérale, il devait se former des espèces de plis ou de rides, c'est à dire des montagnes qui prenaient la stratification que l'on désigne sous les noms de voûte ou de selle (p. 200). Or, lorsque deux ou un plus grand nombre de ces plis se trouvent placés les uns à côté des autres, il en résulte des enfoncements que l'on peut désigner par la dénomination de **vallées de plissements** : tel est le cas de plusieurs vallées longitudinales qui séparent des chaînons du Jura.

Vallées de failles. — Nous avons déjà eu l'occasion de parler des failles (p. 196) et du jeu des pièces séparées ou voussoirs que nous supposons leur avoir donné naissance (p. 448); or, quelle que soit la manière dont ce phénomène s'est passé, c'est à dire qu'il y ait eu soulèvement et abaissement simultané ou seulement un des deux mouvements, il y a eu nécessairement un changement de niveau entre les deux côtés de la faille, par conséquent élévation d'un de ces côtés par rapport à l'autre; or, cette élévation formant une digue que les eaux doivent suivre pour s'écouler, il s'y forme une véritable vallée.

Ce qui se passe dans la nature actuelle nous porte à croire qu'il s'est aussi formé des **vallées** d'une manière analogue à l'espèce **de refoulement** qui a lieu dans les eaux courantes. On sait, en effet que, quand des courants rapides transportent des matières en suspension, ces matières se déposent en dehors du courant, au lieu de s'étendre uniformément en couches planes, comme celles qui se font dans des eaux tranquilles; c'est ainsi, par exemple, qu'il se forme, sur les bords d'une rivière gonflée, des espèces de bourrelets élevés au dessus du fond du lit de la rivière, et que la présence, au milieu d'un cours d'eau, de quelque obstacle qui divisera le courant en deux branches, suffira pour donner naissance à un dépôt qui, recevant des accroissements à chaque gonflement des eaux, deviendra, pour les temps ordinaires, une île élevée au dessus du niveau des eaux, et, sauf ses dimensions, cette île sera une montagne isolée au milieu de deux vallées qui la séparent de deux chaînes de montagnes, c'est à dire des berges de la rivière.

Les dunes (p. 17 et 225) nous donnent aussi des exemples de creux qui se forment en même temps que les élévations qui les bordent, car, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les dunes se composent d'un assemblage de collines qui donnent tout à fait, dans leurs petites dimensions, l'idée d'un pays de montagnes sillonné de vallées, et cependant on sait que cet effet n'est point dû à une érosion, mais que les sables s'accumulent par buttes dont les sommets sont plus ou moins éloignés.

Le phénomène du refoulement a lieu d'une manière encore plus sensible, lorsqu'il tombe de la neige par un grand vent, et les personnes qui voyagent dans de semblables moments ont souvent eu l'occasion de remarquer que, tandis qu'il ne se fixe pas de neige dans certains endroits frappés par le vent, il s'élève à côté d'épais massifs terminés par des plans verticaux, et même en surplomb, d'une hauteur considérable. On remarque également que la présence d'un arbre ou d'un autre obstacle, divisant le courant du vent, devient l'origine d'un amas de neige qui s'élève comme une île entourée d'endroits sur lesquels le sol demeure à découvert. Or, si nous faisons aussi abstraction des dimensions, cette disposition de la neige nous donnera absolument l'idée de plateaux sillonnés par des vallées, et sur les bords desquels se trouvent des caps, des presqu'îles et des montagnes isolées.

Si, à ces phénomènes qui se passent dans un fluide élastique aussi rare que l'atmosphère, ou dans des amas de liquides aussi petits que nos fleuves, nous comparons ceux qui ont dû se passer dans de vastes mers, dont les eaux déposaient de puissantes couches minérales, nous sentirons que la force des courants a dû souvent refouler les matières de ces couches dans les endroits où l'eau était plus tranquille et, par conséquent, donner naissance à des collines et à des vallées plus ou moins considérables. Il est donc très probable qu'il y a eu beaucoup de vallées de ce genre; nous pensons même que c'est la manière la plus plausible d'expliquer ces collines isolées et ces échancrures qui, dans certaines contrées, comme la partie nord-est du massif tertiaire de Paris, forment la bordure d'un plateau qui domine une plaine et dont les couches ont conservé leur position originaire, ou du moins ne paraissent pas avoir subi des dérangements suffisants pour expliquer le relief du pays.

Vallées d'érosion. — Du reste, nous sommes loin de prétendre que l'action érosive des eaux n'ait pas, de son côté, donné naissance à un grand nombre de vallées; on sent, en effet, que dans les dépôts meubles ou dans ceux composés de couches peu cohérentes dans lesquelles les soulèvements, les affaissements ou les refoulements n'avaient pas tracé de voies pour les eaux, celles-ci ont fini par creuser leurs lits; mais les vallées creusées de cette manière ont des caractères différents des autres, c'est à dire qu'elles suivent exclusivement la pente générale du sol, qu'elles sont plus étroites et moins enfoncées dans leurs parties supérieures que dans leurs parties inférieures, et qu'elles ont dévié de leur direction par la rencontre d'un rocher tenace, de même que l'on fait dévier le cours de nos rivières en construisant des ouvrages destinés à préserver certaines parties de leurs bords.

D'un autre côté, nous avons fait voir que les soulèvements ont pu donner naissance à des dépressions en forme de bassins qui, n'ayant pas de débouché, ont dû naturellement se remplir d'eau. Or on sent que, dans certaines circonstances favorables, ces amas d'eau se seront creusé des couloirs à travers les digues qui les séparaient des sols inférieurs.

On pourrait encore citer comme faisant une sixième catégorie de **vallées** celles qui doivent leur origine aux **éruptions** ou éjaculations de matières liquides ou solides qui sont poussées de l'intérieur de la terre. On sait, en effet, que quand les laves sortent des volcans, elles ne sont pas ordinairement assez fluides pour s'étendre sur le sol comme une nappe d'eau, mais qu'elles forment des espèces de bourrelets ou d'éminences longitudinales plus ou moins élevées que l'on appelle *coulées*. Or on sent que ces coulées peuvent donner naissance à des vallées, soit en se ramifiant par la rencontre de quelque obstacle, soit en se plaçant l'une à côté de l'autre, soit en s'étendant au milieu d'une vallée qui se trouverait de cette manière divisée en deux. Les éjaculations de matières sèches, en élevant de nouvelles éminences, sont aussi dans le cas de former de nouvelles vallées; mais les enfoncements qui résultent de ces circonstances sont en général très circonscrits.

On voit par ce qui précède qu'il doit régner beaucoup de **confusion dans les causes originaires des vallées,** car ces causes agissant, soit successivement, soit simultanément, sur une même contrée, ont dû confondre leurs résultats, de manière qu'il est souvent très difficile de reconnaître quel est celui des divers modes de formation qui a donné naissance à une vallée en particulier. Tel serait, par exemple, le cas d'une contrée où il y aurait eu originairement beaucoup de vallées de refoulement, qui aurait ensuite été fortement plissée, où des soulèvements postérieurs auraient produit de nombreuses fractures avec écartement, où le jeu des pièces séparées aurait donné naissance à des failles, et où les mouvements des eaux diluviennes auraient opéré de fortes érosions et donné en quelque manière une dernière façon à toutes les vallées préexistantes.

L'**origine des cavernes** est un phénomène sur lequel nous ne pouvons faire que des conjectures très hasardées, non pas celles de toutes les cavernes, car ce que nous avons dit des volcans et du soulèvement des montagnes fait aisément concevoir la formation de cavités dans les matières qui composent l'écorce terrestre; mais il nous semble que ces circonstances sont tout à fait insuffisantes pour expliquer l'origine des cavernes qui se prolongent sous la forme de couloirs plus ou moins étranglés dans une même couche. On a souvent cherché à rendre raison

de cette origine par l'érosion des eaux, et il est bien probable que ce genre d'action a exercé une certaine influence sur plusieurs cavernes; mais outre que, pour supposer le mouvement des eaux dans l'intérieur de l'écorce du globe, il faut aussi supposer l'existence de vides préalables, c'est à dire de cavernes, l'existence des étranglements dans les cavernes semble annoncer qu'elles ne peuvent être le résultat de l'action mécanique des eaux.

Pour pouvoir attribuer à l'action des eaux l'origine des cavernes à étranglements, il faut supposer que des eaux éjaculées de l'intérieur de la terre exerçaient une action dissolvante, soit que l'espace, maintenant vide, fût originairement occupé par des amas de matières qui, comme le selmarin, fussent solubles dans les eaux ordinaires, soit que les eaux qui auraient creusé les cavernes fussent imprégnées de principes qui leur donnaient la propriété de dissoudre les masses qu'elles traversaient. Mais cette explication laisse aussi à désirer; car dans la plupart des terrains à cavernes on ne voit aucun indice de l'intercalation de matières plus solubles que la masse principale. D'un autre côté, on conçoit difficilement l'existence d'une eau susceptible de dissoudre les roches silicatées, dans lesquelles se trouve la caverne que M. Virlet a observée dans l'île de Thermia, en Grèce, et, tout en admettant la possibilité qu'une eau chargée d'acide carbonique ou d'acide sulfhydrique dissolve les roches calcareuses, on conçoit difficilement que l'action de ce liquide ait creusé des cavités considérables, qui n'ont d'autres issues que des ouvertures excessivement étroites, ainsi qu'on en remarque dans la plupart des cavernes.

On a aussi supposé que les cavernes sont le résultat du passage de gaz qui cherchaient à se dégager de l'intérieur vers l'extérieur, soit que ces gaz agissent d'une manière purement mécanique en traversant des masses encore molles, soit qu'ils fussent dans le cas de dissoudre ou de corroder les masses à travers lesquelles ils s'insinuaient au moyen des fentes ou fissures qui existaient dans ces masses. Cette hypothèse a au moins l'avantage de faire rentrer l'origine des cavernes dans le même ordre de choses que les autres grands phénomènes qui ont agi sur la surface du globe; mais si nous concevons plus aisément l'existence d'un gaz qui aurait, comme le fluoride silicique, la propriété de dissoudre les roches silicatées, cette hypothèse ne rend pas mieux raison de l'existence des étranglements que celle de l'action des eaux acidulées sur les roches calcareuses. L'action mécanique des gaz sur une matière molle expliquerait mieux ce dernier phénomène, à cause de la propriété expansive de ces fluides, qui, comprimés sur un point, auraient étendu l'espace qu'ils

occupaient, jusqu'à ce qu'ils trouvassent une issue par laquelle ils se seraient échappés, quelque resserrée que fût cette issue; de même que nous voyons une simple crevasse, dans une chaudière, suffire pour laisser échapper une masse de vapeur qui, auparavant, produisait des effets immenses. Mais cette explication est aussi sujette à de grandes difficultés : on peut notamment se demander comment il se fait que les couches qui auraient éprouvé une semblable dilatation dans leur intérieur ne se fussent pas gonflées dans les parties qui la subissaient; et l'on devrait s'étonner de ce que l'on voit, notamment dans le calcaire secondaire de la Franconie, des cavernes qui se prolongent horizontalement sur une grande étendue, tandis qu'il aurait été beaucoup plus facile pour les gaz d'arriver directement au jour.

On n'est pas non plus d'accord sur la manière dont les ossements sont arrivés dans les cavernes où ils se trouvent. Une des premières opinions que l'on a eues à ce sujet a été que ces cavernes avaient servi d'habitation aux carnassiers, tandis que les herbivores y avaient été entraînés par les carnassiers auxquels ils servaient de nourriture, et il y a lieu de croire qu'il a pu en être ainsi pour certaines cavernes; mais cette explication paraît sujette à de grandes difficultés pour beaucoup d'autres cavernes, où les ossements sont non seulement dispersés, brisés et mêlés avec des fragments de pierres, mais où on les voit quelquefois avec ces fragments dans les voûtes des cavernes, comme s'ils obstruaient les couloirs par où ces matières auraient été introduites dans la caverne. Il est donc probable que, dans ces cas, les fragments d'os et de pierres ont été amenés dans les cavernes par les eaux de la même manière que ceux des brèches osseuses ont été amenés dans les fentes. M. Marcel de Serres assure même que, dans le midi de la France, il n'y a d'ossements que dans les cavernes qui ont des ouvertures disposées de manière à recevoir des courants d'eau, et que l'on n'en trouve pas dans celles dont les ouvertures sont disposées de façon à ce que les courants n'aient pu y entrer.

Ce que nous avons dit ci-dessus sur les liaisons qui ont dû exister dans les temps primitifs entre les divers modes de formation des dépôts, doit nous faire, en quelque manière, désespérer de parvenir à l'**application aux dépôts existants des quatre modes théoriques de formation,** mais, d'un autre côté, ces liaisons sont parfaitement d'accord avec la confusion que l'étude géognostique des terrains nous a fait reconnaître.

La formation du terrain granitique est notamment sujette à beaucoup de contestations, car, tandis que la structure non stratifiée de

ce terrain, sa texture cristalline, et sa position, ordinairement au dessous des autres dépôts, nous portent à y voir les premiers effets de la coagulation, d'autres géologues, s'appuyant sur les grands massifs granitiques qui sont à découvert, ainsi que sur les granits qui se lient avec des terrains assez avancés dans la série, ou qui reposent sur ces terrains, ou enfin qui s'y trouvent injectés sous la forme de filons, rejettent l'opinion de l'ancienne consolidation des terrains granitiques; les uns y voyant des roches éjaculées de l'intérieur de la terre à la manière des porphyres et des laves, tandis que les autres y voient des roches d'origine neptunienne qui ont été modifiées par le phénomène dont nous parlerons ci-après sous le nom de métamorphisme.

Nous ne pouvons adopter la première de ces opinions parce que, d'après ce que l'on connaît des lois de la cristallisation et du refroidissement, il nous paraît difficile que des matières liquides, poussées au jour à une époque où la surface du globe était déjà assez refroidie pour permettre aux corps organisés d'y vivre, aient pu prendre une texture aussi complétement cristalline que celles des granits. Nous repoussons aussi la seconde parce que le granit forme quelquefois dans les roches neptuniennes de véritables dykes à limites très tranchées, ce qui annonce une véritable injection, tandis que si la partie granitique était le résultat du métamorphisme il y aurait une liaison intime entre la partie modifiée et celle qui ne l'est pas.

Il nous semble, d'un autre côté, que l'on peut facilement se rendre raison, dans notre hypothèse, des faits que l'on invoque contre elle, car on conçoit, pour ce qui concerne les massifs granitiques à découvert, que cette circonstance peut être le résultat d'une dénudation causée, soit par l'action érosive des eaux, soit, ce qui doit avoir eu plus fréquemment lieu, par le glissement des masses qui recouvraient le granit lorsque celui-ci a été soulevé. Quant à la superposition du granit sur des dépôts plus nouveaux, elle s'explique facilement dès que l'on admet la théorie des soulèvements, puisque la force qui peut relever une masse peut à plus forte raison la renverser en sens contraire. Pour ce qui concerne les liaisons et les injections, il est à remarquer que, en considérant les granits comme le résultat de la première coagulation de la croûte du globe, nous ne prétendons pas qu'ils aient acquis, dès le premier moment, l'état complet de cohérence rigide. Il est au contraire très probable qu'ils ont conservé pendant longtemps un certain degré de mollesse, en ce sens que les petits cristaux et les grains qui les composent n'avaient qu'une faible adhérence entre eux, ce qui devait leur permettre, lors des soulèvements, de se mêler avec les roches en voie de formation et de s'in-

jecter dans les fentes de celles qui étaient déjà consolidées. La présence des fragments de gneiss dans le granit ne contrarie pas non plus l'hypothèse de coagulation, car le gneiss ayant dû commencer à se former lorsque la croûte solide du globe était encore très mince, on conçoit que quand cette croûte se rompait les fragments se mêlaient avec la partie liquide et que les portions d'entre eux qui ne se fondaient pas doivent se retrouver sous la forme de noyaux et d'amas lenticulaires dans la masse principale. Enfin nous ferons remarquer qu'aucune partie des autres matériaux que l'on observe dans l'écorce du globe ne paraît satisfaire aussi bien que le terrain granitique aux conditions que doivent présenter les premiers résultats de la coagulation de cette écorce, et cependant, dès que l'on admet l'hypothèse de la fluidité ignée, on ne peut contester qu'il y ait eu un premier produit par consolidation.

Le mode de formation des dépôts cristallophylliens est encore plus problématique que celui des granits. La texture cristalline du gneiss et ses rapports avec le granit, ont été cause que pendant longtemps on a attribué la même origine à ces deux terrains ; mais la structure massive du granit et les indices de stratification que l'on remarque dans le gneiss, nous semble devoir faire rejeter cette opinion. D'un autre côté, dès que l'on admet que la terre a été à l'état de fluidité ignée, on est conduit, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, à admettre qu'il y a eu des précipités de matières solides avant qu'il ait pu demeurer à la surface de la terre des amas d'eaux liquides analogues à nos mers actuelles. Or, s'il s'est réellement formé des dépôts par précipitation atmosphérique, c'est principalement dans le gneiss qu'on doit les voir, parce que ce système de roches présente tous les caractères indiqués par la théorie, c'est à dire la position immédiate sur le granit, une liaison intime avec celui-ci et une composition semblable. D'un autre côté, il y a tant de rapports entre le gneiss et les autres systèmes cristallophylliens, que nous sommes porté à croire qu'une partie de ceux-ci ont une même origine : mais d'autres géologues, partant de la circonstance que le métamorphisme a rendu des roches incontestablement d'origine neptunienne, tout à fait semblables à nos roches cristallophylliennes, pensent maintenant que toutes celles-ci sont métamorphiques. Nous convenons que nous ne pouvons faire d'autre objection contre cette hypothèse, que de dire que celle que nous proposons, nous paraît plus probable parce qu'elle se rattache mieux à l'ensemble des phénomènes que nous supposons avoir concouru à la formation de notre globe, car nous ne concevons pas, ainsi que nous venons de le dire en parlant du granit, pourquoi on ne verrait plus à la surface de la terre aucune partie des

premiers résultats de sa consolidation. Du reste, on verra, lorsque nous parlerons du métamorphisme, que ce phénomène a dû rendre dans certaines circonstances les roches neptuniennes semblables à celles qui ont été formées par sédiments avant l'existence des mers; de sorte que, tout en admettant que le terrain de gneiss ait été produit par précipitation atmosphérique, nous sommes loin de prétendre que le métamorphisme n'ait pas non plus donné naissance à du gneiss; de même qu'en admettant qu'une partie des micaschistes et des stéachistes ait été produite par précipitation atmosphérique, nous sommes loin de prétendre que les calcaires cristallophylliens ne soient pas des dépôts neptuniens, modifiés par le métamorphisme et intercalés dans des roches antérieures par suite des dislocations qui ont soulevé et renversé une partie de l'écorce terrestre.

La **formation** par précipitation aqueuse **des terrains neptuniens** anciens, autres que le groupe cristallophyllien, est suffisamment attestée par la présence des débris d'animaux aquatiques qu'ils recèlent par leur stratification et par leur ressemblance avec nos alluvions et nos tufs. Mais s'ils ont des rapports avec ces dépôts, ils présentent, ainsi qu'on a pu le remarquer dans la Géognosie, de grandes différences, principalement par leur puissance et leur cohérence, ce qui annonce que les causes qui déterminaient leur formation, surtout les causes chimiques, avaient pendant les périodes anciennes une énergie qu'elles n'ont plus.

La première question qui se présente à ce sujet, c'est de se demander comment les eaux se sont chargées des matières qui ont donné naissance à ces dépôts. Mais si, comme on l'a vu ci-dessus, nous ne pouvons déjà faire que des conjectures pour expliquer la cause des faibles dépôts qui se produisent chimiquement dans nos eaux actuelles, on sent que nous avons encore moins de moyens pour connaître les causes qui donnaient aux eaux anciennes la faculté de dissoudre et de précipiter les puissantes masses qui se sont formées dans leur sein. Cependant, de même que nous avons été conduit à supposer que cette propriété, dans les eaux actuelles, provient des émanations qu'elles reçoivent de l'intérieur de la terre, nous pensons que c'est la même cause qui a produit les résultats qui nous occupent; c'est même à peu près la seule manière de concevoir ce phénomène; car il nous paraît impossible de voir un simple effet de l'action mécanique des eaux dans la formation des roches homogènes et compactes, et nous ne pouvons concevoir comment les eaux pouvaient être douées de la faculté d'exercer les actions chimiques qu'elles ont produites, si nous ne supposons pas une température plus élevée et des émanations gazeuses plus abondantes que celles d'aujourd'hui. Mais dès

que l'on admet l'hypothèse de la chaleur centrale et que l'on attribue les propriétés dissolvantes de l'eau à des émanations gazeuses résultant du refroidissement de la masse intérieure, on conçoit très bien pourquoi la formation des dépôts neptuniens a été beaucoup plus importante dans les temps anciens que dans la période moderne; car les émanations devaient être alors bien plus abondantes, puisque le refroidissement se faisait avec beaucoup plus de rapidité quand la température de la surface de la terre était moins en équilibre avec les effets de l'action du soleil. Les réactions chimiques devaient aussi être bien plus actives et bien plus importantes lorsque les eaux superficielles étaient douées d'une température plus élevée.

Cette élévation de température a dû également donner beaucoup plus d'énergie aux phénomènes physiologiques; aussi l'étude géognostique de l'écorce du globe nous a-t-elle fait connaître l'existence dans nos zones tempérées de beaucoup de dépôts presque entièrement formés de débris de polypiers, tandis que nous avons vu que la formation du terrain madréporique n'a lieu maintenant, du moins d'une manière importante, que sous la zone torride.

Si nous nous occupons maintenant des résultats des éjaculations que nous avons indiquées comme étant un quatrième mode de formation de l'écorce du globe, nous ferons remarquer que, dès que l'on admet le ridement de cette écorce, on sent que les parties du liquide intérieur qui étaient en dessous de la ride, n'étant pas pressées par l'écorce comme celles qui en étaient éloignées, devaient tendre à s'élever dans l'intérieur de la ride, à s'injecter dans les fentes qui pouvaient s'y former et même à s'épancher à la surface, ce qui explique l'**origine des culots, des dykes et des nappes plutoniennes**, phénomène qui a dû avoir lieu depuis le moment où a commencé la première ride et se continuer jusqu'à celui où nous supposons que l'épaisseur et la rigidité de l'écorce du globe ne lui ont plus permis de se rider, et où ce phénomène a été remplacé par les éruptions volcaniques.

Cette manière de voir nous explique les diverses circonstances que l'étude de ces terrains fait connaître. Ainsi la liaison entre les porphyres et les granits, de même que les rapports de composition qui existent entre ces deux groupes de roches, sont une conséquence naturelle de l'origine que nous leur attribuons, car si les granits sont le résultat de la première coagulation de la partie supérieure de la masse liquide, et si les porphyres sont le résultat des premières injections de ce même liquide à travers les parties fraîchement coagulées, on conçoit que la nature de ces matières ne doit presque pas présenter de différences, et qu'il a dû

s'opérer dans beaucoup de cas une union intime entre la matière injectée et celle injectante. On conçoit également que cette dernière, introduite dans une masse déjà fortement refroidie, n'a pu se cristalliser d'une manière aussi complète que la première qui s'est refroidie sans l'intermédiaire de corps étrangers, ce qui explique pourquoi la texture granitoïde domine dans les uns et la texture porphyroïde dans les autres.

On conçoit, en outre, que si le globe a été à l'état fluide, il est bien probable que les matières qui composaient cette masse se sont disposées jusqu'à un certain point dans l'ordre de leurs densités, de sorte qu'il y aura peu de différences entre celles qui étaient voisines, ce qui explique pourquoi les dépôts porphyriques, qui paraissent les plus anciens, sont précisément ceux qui ressemblent le plus aux granits, et pourquoi les produits de nos volcans actuels sont de toutes les roches plutoniennes celles qui diffèrent le plus des granits (1).

Outre ces injections, dues pour ainsi dire à des phénomènes purement mécaniques, la propriété qu'ont les liquides de dégager des gaz, lorsqu'ils passent à l'état solide, a dû produire d'autres phénomènes où les forces chimiques jouaient un rôle important et dont nous avons déjà donné une idée en parlant des volcans et des émanations gazeuses actuelles. C'est notamment à l'action de ces émanations que nous attribuons l'**origine des filons cristallins**, phénomène dont les géologues se sont beaucoup occupés. Il n'y a pas encore longtemps que l'on pensait généralement avec Werner que ces filons étaient des fentes remplies de haut en bas par l'effet des eaux qui baignaient la surface de la terre; mais, dans ce cas, on doit se demander comment, à ces époques, il ne se faisait pas, hors de ces fentes, des dépôts analogues à ceux qui se formaient dans leur intérieur, et comment la terre ne s'est pas couverte d'une cuirasse métallique. On peut aussi se demander comment les eaux pouvaient dissoudre une si grande quantité de métaux; et, en admettant la possibilité de la dissolution, où ces eaux superficielles trouvaient-elles les matières métalliques à dissoudre?

(1) Si l'on objectait, contre l'opinion de l'arrangement des matières qui composent le globe dans l'ordre de leur densité, que les terrains plutoniens n'annoncent pas un accroissement de densité très sensible dans l'ordre de leurs éjaculations, on pourrait répondre que les corps, en changeant d'état, éprouvent presque toujours des changements dans leur densité; que ces matières, en traversant la croûte solide pour arriver au jour, ont dû éprouver des actions susceptibles de modifier leurs propriétés originaires, et qu'enfin l'interposition des matières gazeuses a joué un rôle important dans le phénomène de l'éjaculation. On pourrait dire aussi que les roches plutoniennes nouvelles annoncent qu'elles partent d'une masse plus dense que les roches anciennes, car celles-là contiennent ordinairement plus de fer et moins de magnésie que celles-ci. Or, on sait que les combinaisons du fer sont généralement plus denses que celles de la magnésie.

D'un autre côté, on a remarqué qu'un grand nombre de ces filons n'avaient point d'ouverture à l'extérieur, et qu'il en existe dans les roches plutoniennes aussi bien que dans les roches neptuniennes. Or ces diverses circonstances portent à croire qu'il est plus probable que les matières qui composent les filons proprement dits ont été amenées, de bas en haut, de la même manière que celles que déposent nos sources minérales, c'est à dire que les émanations gazeuses qui s'échappaient des matières en fusion situées au dessous de l'écorce solide du globe, après s'être combinées avec les eaux qui devaient probablement remplir une grande partie de ces fentes, dont la plupart étaient sous les mers, se seront successivement cristallisées sur les parois de ses fentes; opération dans laquelle les phénomènes électriques auront sans doute joué un rôle important.

On a aussi attribué l'origine des filons proprement dits à une action plus directe des émanations intérieures qui auraient fait leurs dépôts à la manière des produits sublimés qui se forment dans nos volcans, dans les cornues de nos fabriques et dans les cheminées de nos fourneaux. Il est bien probable que de semblables sublimations ont eu souvent lieu, surtout dans les roches plutoniennes, mais la formation par l'intermédiaire des eaux est beaucoup plus probable pour les filons ordinaires où abondent le quartz et le calcaire à l'état cristallin, d'autant plus que la vapeur d'eau devait être l'élément principal des émanations gazeuses, ainsi qu'elle l'est encore dans les émanations actuelles.

Du reste, dès que l'on attribue l'origine des filons proprement dits à des émanations intérieures, on fait rentrer cette origine dans le même ordre de phénomènes que ceux auxquels sont dus les principaux événements qui se passent à la surface de notre planète, et on évite la plupart des difficultés qui s'opposent à l'adoption des autres hypothèses. On conçoit, en effet, pourquoi les matières métalliques se rencontrent de préférence dans des fentes, et la source de ces matières est toute trouvée; car la circonstance que la pesanteur spécifique de la terre est à peu près le double de celle de la plupart des roches qui composent sa surface, annonce qu'il y a dans son intérieur beaucoup de matières plus pesantes que ces roches; matières qui, d'après ce que nous connaissons, doivent être des métaux proprement dits.

On conçoit également que quand les matières des filons, au lieu de trouver l'abri et la tranquillité nécessaires à leur cristallisation, étaient soumises à des agitations violentes ou à des réactions subites, elles devaient se précipiter en dépôts meubles ou fragmentaires. Ce résultat devait surtout arriver lorsque ces matières étaient mises en contact avec

des eaux agitées, soit qu'elles demeurassent dans des cavités, soit qu'elles se répandissent sur le sol; dans le premier cas, il devait se produire des filons fragmentaires ou meubles; dans le second, des dépôts analogues à ce que l'on appelle des alluvions métallifères.

On voit par ce qui précède que nous supposons que l'**origine de certains filons fragmentaires** ou meubles peut être analogue à celle des filons proprement dits; aussi voit-on souvent des filons qui ont dans leur partie inférieure les caractères des filons cristallins et ceux des filons fragmentaires dans leur partie supérieure. C'est notamment ce que l'on remarque dans beaucoup de gîtes de minerais de fer qui sont composés dans leur partie supérieure de fragments de limonite, tandis que les pyrites, ainsi que d'autres sulfures cristallisés, dominent dans les parties inférieures, et les chimistes expliquent par des réactions ordinaires la transformation des pyrites en limonite.

D'un autre côté, quand on fait attention aux séries de passages qui existent dans certains dépôts porphyriques entre des roches très cohérentes et d'autres qui sont friables ou même meubles; quand on se rappelle que nos volcans lancent des cendres aussi bien que des laves; et que, dans ces mêmes volcans, il y a des roches très tenaces qui sont transformées en roches friables ou meubles par l'action des émanations gazeuses, ou même simplement par de l'eau chaude, on est porté à admettre la possibilité que des matières poussées à l'état liquide de dessous l'écorce solide se transformaient par le refroidissement en masses meubles aussi bien qu'en masses cohérentes, ce qui explique les dépôts meubles contenant souvent des cristaux, que l'on rencontre dans les filons proprement dits, ainsi que les filons ou poches remplis de sables et d'argile, et où ces matières, bien loin d'être stratifiées, se présentent sous forme d'injections l'une dans l'autre.

Du reste, si nous assimilons l'origine d'une partie des filons fragmentaires à celle des autres filons formés par éjaculation venant du bas, nous sommes bien loin de contester qu'il n'en ait aussi été formé par des matières venant du haut et amenées par les eaux; telles sont, par exemple, ceux formés par des brèches osseuses ainsi qu'on va le voir.

L'**origine des roches bréchiformes et poudingiformes** ainsi que celle **des blocaux et des cailloux** est un phénomène très complexe qui se rattache en partie aux éjaculations intérieures et en partie aux phénomènes mécaniques et chimiques qui se sont passés à la surface de la terre.

Nous avons, en effet, déjà fait remarquer que les dykes et les culots doivent avoir été formés par des matières en fusion poussées de bas en

haut. Or le frottement de ces matières contre les masses solides qu'elles traversaient a dû donner naissance à une grande quantité de fragments dont les uns se détachaient des roches traversées et dont les autres résultaient de la solidification partielle des portions extérieures de la matière liquide. Une partie de ces fragments seront restés autour de la masse injectée, et en forment comme l'*emballage;* les autres auront été poussés à la surface, comme les matières fragmentaires qui accompagnent les laves qui s'échappent des flancs de nos volcans, ou les coulées de métal qui sortent de nos fourneaux de fusion, et si elles sont arrivées dans une mer agitée, ce qui doit avoir été le cas le plus commun, elles se seront disposées en couches plus ou moins irrégulières et plus ou moins étendues. Cette hypothèse explique pourquoi il y a tant de dépôts fragmentaires dans le voisinage des dykes et des culots porphyriques, trachytiques, ophiolitiques, trappéens, basaltiques et volcaniques (1).

Nous croyons qu'il s'est aussi formé des brèches par voie d'injection, et voici comme nous concevons ce phénomène. Lors du soulèvement de certaines parties de l'écorce du globe, il y a eu des couches ou des fractions de couches qui ont été dans le cas d'être beaucoup plus fracturées que l'ensemble du massif, et qui par conséquent se trouvaient mieux disposées pour recevoir les matières liquides qui étaient poussées de bas en haut et qui se seront introduites entre les fragments. Nous pensons qu'une partie des calcaires brèches, notamment le beau marbre connu dans les arts sous le nom de *Mischio di Seravezza*, en Toscane, ont été formés de cette manière.

Une cause qui a aussi exercé une grande influence pour la formation des blocaux, des cailloux, des brèches et des poudingues, c'est la tendance au retrait et au fendillement qui a lieu dans les matières qui se dessèchent ou qui se refroidissent. Cette tendance est quelquefois telle qu'il y a des substances, notamment l'allophane, que l'on extrait de la terre en morceaux bien compactes, sans aucune apparence de joints, et qui, après avoir été conservées quelques mois dans un endroit sec, se trouvent divisées en une multitude de petits fragments anguleux. On conçoit que cette tendance suffise pour transformer des masses minérales en tas de blocaux qui peuvent s'arrondir en cailloux si les eaux les font rouler sur eux-mêmes, et les transportent à des distances plus ou moins éloignées. Mais il y a de ces blocaux dont il n'est pas aussi facile de se rendre raison; ce sont ceux qui, comme les meulières des environs de Paris, et les phtanites du Condroz, consistent en fragments

(1) Voir la note 2 de la page 331 relative au classement de ces dépôts.

disséminés dans des amas de matières meubles de nature différente, car les formes anguleuses et non cristallines de ces fragments ne permettent pas d'y voir le résultat d'une formation par cristallisation ou concrétion, ni d'admettre qu'ils aient subi un véritable transport. Probablement que ces fragments proviennent de blocs ou de gros rognons qui s'étaient formés dans les matières où ils se trouvent, qui se seront ensuite fendillés par retrait, et dont les fragments auront été éloignés les uns des autres par les agitations que le sol aura éprouvées postérieurement; de même que quand on fait osciller un vase contenant des fragments de diverses grosseurs, on voit les plus gros tendre à s'élever vers la superficie.

Les fragments produits par une des causes que nous venons d'indiquer peuvent être liés ensuite par une pâte quelconque, telle que du calcaire, de la silice, de l'argile ferrugineuse, ou autre substance; c'est le cas le plus simple de la formation des roches poudingiformes et bréchiformes. C'est notamment celui des filons fragmentaires dont nous avons déjà parlé sous le nom de *brèches osseuses*, qui ont été formées par la chute dans des fentes de fragments de pierre et d'os d'animaux unis par un ciment de calcaire ou d'argile ferrugineuse. L'existence de ces brèches dans des massifs calcareux s'explique aisément, par la double raison que ces massifs présentent beaucoup de fentes, et que les eaux qui les traversent sont plus ordinairement chargées de principes terreux en dissolution. L'état fracturé des ossements, ainsi que le mélange continuel de fragments qui proviennent d'individus et d'espèces différentes, prouvent que les animaux ne sont pas tombés entiers dans les fentes, mais que leurs ossements déjà brisés y ont été entraînés par les eaux.

Il y a encore une catégorie de dépôts conglomérés, dont il est très difficile de se rendre raison, mais qui nous paraissent être le résultat de la combinaison de divers phénomènes; c'est celui des roches intercalées dans des dépôts neptuniens, où l'on ne voit aucune trace d'injection plutonienne, et qui sont formées de fragments dont on ne reconnaît pas l'origine dans d'autres massifs (1). Sans avoir la prétention de donner une explication satisfaisante de ce phénomène, nous sommes porté à croire que des sources, qui avaient quelques rapports avec les Geisers d'Islande, étaient douées de la faculté de déposer une grande quantité de silice qui se coagulait promptement, soit dans les bassins qui la recevaient, soit dans les canaux qui l'amenaient, et que la ten-

(1) Voir, pour plus de détails, une note insérée dans le *Bulletin de l'Académie de Belgique*, 1848, t. XV, p. 361.

dance de cette matière à se fendiller, tendance développée et augmentée par les agitations et les mouvements résultant des éjaculations postérieures, aura donné naissance à cette multitude de fragments, lesquels seront demeurés anguleux et se seront soudés directement entre eux lorsqu'ils n'auront été ni trop agités, ni transportés trop loin, mais qui se seront arrondis et mélangés avec des matières arénacées et terreuses, lorsque l'agitation aura été plus forte ou le transport plus éloigné.

Il est inutile d'ajouter ici qu'en indiquant ces divers modes de formation, nous sommes loin de rejeter celui qui est le plus généralement adopté, pour les dépôts de cailloux, c'est à dire l'agitation des eaux sur les rivages, mais nous ferons encore observer que l'état de solidité rigide n'est pas une condition essentielle pour la formation des cailloux, l'observation prouvant que des matières molles s'arrondissent aussi bien et plus promptement que les matières rigides. Ce qui explique pourquoi l'on voit quelquefois des cailloux que se sont soudés sans ciment intermédiaire et d'autres dont la forme a été modifiée après qu'ils ont été arrondis.

Nous avons fait remarquer que quand les matières des filons, au lieu d'être retenues dans des cavités, se répandaient à la surface, elles devaient s'y déposer en forme de nappes ou de bassins. Telle doit avoir été l'**origine de la plupart des minerais de fer dits d'alluvion**, qui ont ordinairement la même composition que les gîtes en filons qu'ils surmontent souvent comme des espèces de chapeaux, et qui paraissent en général avoir été déposés par des sources minérales ferrugineuses. Au surplus, nous sommes loin de prétendre qu'il n'y ait pas une partie de ces dépôts qui ait été remaniée par les eaux courantes et notamment par les eaux diluviennes; c'est au contraire ce qu'atteste la présence de restes d'animaux diluviens et de cailloux roulés ensevelis dans quelques-uns de ces dépôts.

Il en est de même des dépôts si célèbres sous le nom d'**alluvions aurifères**, que l'on considère ordinairement comme appartenant, pour la plus grande partie, au diluvion, mais dont quelques-unes sont de véritables alluvions modernes. Toutefois, quand on fait attention à la rareté de l'or et des minéraux qui l'accompagnent dans les roches cohérentes, on est porté à douter que ce soit à la seule destruction de ces roches que puisse être attribué tout l'or que l'on rencontre dans les dépôts meubles, et on est porté à croire qu'il en est arrivé à la surface par un phénomène analogue à celui qui a produit les filons.

L'**origine des grands dépôts de limon** est aussi assez générale-

ment attribué aux eaux diluviennes dont on les considère comme le dernier produit. On sait, en effet, que, quand les eaux de nos inondations transportent des matières solides, elles déposent d'abord les fragments les plus gros et finissent par les plus ténus lorsque l'agitation qui tenait ces matières en suspension cesse suffisamment pour que le dépôt soit complet; mais la simple application de cette loi aux eaux diluviennes a-t-elle pu produire les grands dépôts de limon? C'est ce qu'il nous semble difficile d'admettre. Le limon paraît en effet avoir été déposé dans une eau tranquille, car si cette eau avait été fortement agitée, le limon ne formerait pas des nappes aussi régulières sur les plaines; et plusieurs de ces dépôts paraissent avoir demandé un temps assez long pour se former. Or, on ne conçoit pas comment les eaux diluviennes, si elles sont, ainsi que nous le supposons, l'effet d'une catastrophe brusque et presque instantanée, ont pu acquérir le calme et durer le temps nécessaires pour produire les grands dépôts de limon. D'un autre côté, en accordant à ces eaux la faculté d'avoir transporté et déposé ces vastes amas, comment se fait-il que ceux-ci soient aussi homogènes et aussi différents de presque tous les autres dépôts qui composent l'écorce du globe, tandis que l'on connaît dans le diluvion tous les matériaux qui constituent les contrées voisines, et que l'on voit sa nature dominante varier selon la nature de ces contrées, de manière, par exemple, que le diluvion de la vallée de la Seine est principalement formé de sables tertiaires à Paris et d'argile crétacée dans le Perthois? Il est vrai que nos eaux actuelles forment souvent des dépôts de limon; mais, outre qu'à côté ou même dans ces dépôts, on voit souvent du gravier, la chose est toute simple, puisque c'est le limon qui est en général la plus abondante et surtout la plus transportable des matières que ces eaux rencontrent dans leur course, tandis qu'il n'en était pas de même lors des inondations diluviennes qui ont précédé la formation des grands dépôts de limon. Si, d'un autre côté, nous recherchons quels sont les autres matériaux de l'écorce terrestre avec lesquels le limon a le plus de rapport, nous trouvons que c'est avec les argiles qui accompagnent les minerais de fer, et qui forment ordinairement la majeure partie des vastes filons ou amas dans lesquels se trouve la limonite en grain ou en concrétion. Cette ressemblance est telle qu'il y a de ces argiles qui deviennent tout à fait semblables au limon de Picardie par leur exposition à l'air et le mélange d'un peu de chaux. Ces considérations nous portent à croire que le limon a aussi beaucoup de rapports d'origine avec ces filons, c'est à dire que, à une époque où nos plaines étaient sous l'eau, soit parce que les eaux diluviennes n'étaient pas retirées,

soit parce que leur niveau relatif était plus bas, il y aura eu de grandes éjaculations de matières argileuses qui, par leur expansion dans ces eaux et par leur mélange avec quelques autres principes, ont donné naissance aux dépôts de limon tels que nous les voyons.

Les éjaculations de l'intérieur de la terre ne se sont pas bornées à amener vers sa surface les divers dépôts dont nous venons de parler, mais elles ont encore plus ou moins modifié les matériaux préexistants, en donnant lieu à un phénomène important, dont les géologues ne se sont occupés que dans ces derniers temps et auquel ils ont donné le nom de **métamorphisme des roches.**

Métamorphisme de contact. — Il n'y a pas très longtemps que l'on ne connaissait de ce phénomène que les altérations actuelles dont nous avons parlé ci-dessus (p. 435) et les caractères particuliers que présentent quelquefois les roches neptuniennes au contact des basaltes et des trachytes, caractères que l'on attribuait aux effets de la chaleur développée par ces roches. C'est ainsi que l'on avait remarqué, par exemple, que des bancs de craie ou de calcaire compacte prennent, dans le voisinage des basaltes, une texture lamellaire ou saccharoïde, un aspect brillant et un commencement de translucidité; que de la houille se trouve transformée en anthracite ou en lignite; que le lignite devient plus sec et se divise en parallélipipèdes; que des grès sont crevassés et prennent un aspect vitreux; que des schistes argileux deviennent plus durs et passent au jaspe ou à la porcellanite. Mais depuis que l'on attribue à des éjaculations intérieures l'origine des dykes porphyriques et des filons cristallins, on a vu aussi un effet de ces éjaculations dans les différences qui existent souvent entre les parties des roches neptuniennes qui avoisinent ces matières et celles qui en sont éloignées. D'un autre côté, on a reconnu aussi que ces différences ne consistent pas seulement dans la cohérence et dans la texture des roches, mais qu'elles s'étendent même à leur nature, c'est à dire que l'on voyait, par exemple, le calcaire passer à la dolomie ou au gypse, les roches schisteuses aux roches feldspathiques ou talqueuses, d'où l'on a conclu que des émanations contenant, entre autres, du magnésium, du potassium, du sodium, rendus gazeux par leur combinaison avec d'autres corps, et aidés par le développement de la chaleur, s'étaient introduites dans l'intérieur des roches calcareuses ou schisteuses et y avaient donné lieu à des combinaisons nouvelles. Ces idées ont d'abord rencontré beaucoup d'opposition, mais la facilité avec laquelle elles expliquent des faits dont on ne pouvait se rendre raison auparavant, les ont fait assez généralement adopter, et elles ne peuvent plus être contestées

depuis que l'on est parvenu à produire expérimentalement des résultats analogues (1).

L'action métamorphique ne s'est pas uniquement exercée sur les roches traversées et celles-ci ont quelquefois réagi sur les roches éruptives. Cette réaction ne se manifeste souvent que par des modifications de texture dans les parties extérieures, telle est celle que nous avons déjà signalée (p. 465) en parlant des roches conglomérées qui forment en quelque manière l'emballage des dykes et des culots. D'autres fois, les parties extérieures de ces roches prennent la texture schistoïde et celluleuse, mais cette dernière est due au dégagement du gaz plutôt qu'à la réaction des roches traversées. Quant aux modifications chimiques, elles se réduisent ordinairement à de simples altérations superficielles. Quelquefois cependant il se forme entre les deux roches des bandes minces d'une nature particulière qui consistent souvent en hydrosilicates. On cite aussi des dykes de diorite qui auraient été transformées en stéaschistes.

Métamorphisme régional. — Nous avons déjà eu l'occasion de faire remarquer que, dans les contrées où les dépôts stratifiés ont été fortement disloqués, relevés ou renversés, les roches sont généralement plus cohérentes et plus cristallines que celles des contrées restées en couches horizontales, et, comme elles se rapprochent beaucoup plus que celles-ci des roches métamorphiques, on attribue aussi leurs propriétés actuelles à une action métamorphique que M. Daubrée distingue par l'épithète de *régionale*, parce que, au lieu d'être restreinte à de petites portions de roches, elle s'étend sur des régions entières.

Cette action métamorphique plus générale est moins évidente et moins facile à concevoir que celle qui s'est opérée au contact des éjaculations : aussi n'aurait-on peut-être jamais pensé à l'admettre, si l'on n'y avait été conduit par l'observation du métamorphisme de contact ; mais on ne peut plus contester son existence depuis que l'on a reconnu qu'un même dépôt composé de craie, de sable et d'argile dans une plaine en couches horizontales, passe à l'état de marbre, de quartzite et de stéachiste dans une montagne en couches disloquées, état de choses que M. Élie de Beaumont a ingénieusement comparé à un tison à moitié charbonné. Du reste, une fois que l'on a reconnu que des émanations de l'intérieur ont pu modifier des portions de roches, on peut concevoir que les phénomènes qui ont soulevé et disloqué de grandes parties de l'écorce

(1) Voir, entre autres, les *Mémoires* de M. Daubrée et surtout celui couronné en 1860 par l'Institut de France.

terrestre ont produit une chaleur et des émanations suffisantes pour que l'action métamorphique se fît sentir sur tout le massif disloqué. Lorsque l'on a commencé à faire ce rapprochement, on assimilait entièrement cette action au métamorphisme de contact et on l'attribuait à l'action immédiate des roches éruptives qui avaient traversé et soulevé les dépôts disloqués; mais, comme il existe des contrées où la transformation a eu lieu sans que l'on y aperçoive des roches éruptives, et que l'on voit souvent de ces roches qui ont traversé les masses stratifiées sans que les parties de ces dernières qui avoisinent les premières soient différentes de la masse principale, on doit reconnaître que la modification est due à une action plus générale que celle de l'injection des roches éruptives. On conçoit d'ailleurs que quand celles-ci, en crevassant l'écorce terrestre, parvenaient jusqu'au jour, elles perdaient bientôt une partie de leur chaleur et que les émanations gazeuses qui s'en échappaient se dissipaient dans l'atmosphère, tandis que, quand le massif de roches stratifiées mettait un obstacle au passage du liquide intérieur, la chaleur dont celui-ci était doué et les matières gazeuses qui s'en échappaient, devaient exercer une action beaucoup plus générale sur la masse qui faisait obstacle à leur passage.

On voit par ce qui précède qu'il ne doit pas exister, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, de limites tranchées entre les roches métamorphiques et les autres matériaux qui composent l'écorce du globe. En effet, l'action métamorphique partant du point de contact des matières éjaculées avec celles qu'elles traversaient, on conçoit que ses effets doivent aller en diminuant d'une manière presqu'insensible; de sorte qu'il doit être souvent impossible de savoir où elle s'est arrêtée, d'autant plus qu'il y a encore d'autres causes, notamment la pression, qui peuvent modifier les caractères originaires des dépôts. D'un autre côté, l'action métamorphique ayant été souvent déterminée par des roches éruptives, dont la nature et la température ressemblaient à celles dont étaient doués les granits lorsqu'ont eu lieu les précipitations atmosphériques, celles-ci ont dû prendre, dès leur origine, des caractères semblables à ceux qu'ont pris postérieurement les roches neptuniennes soumises à l'action des roches éruptives. Nous ferons remarquer à ce sujet que, quoique nous ayons supposé que quand les granits ont été soulevés, ils n'avaient plus la même liquidité que celle qui caractérisait les roches porphyriques et pyroïdes, nous pensons qu'ils étaient encore le plus ordinairement dans un état qui permettait le dégagement d'émanations susceptibles d'exercer une grande action métamorphique.

Les phénomènes du métamorphisme donnent aussi une explication très facile de l'**origine des minéraux disséminés** dans des roches d'une autre nature, ou, pour mieux dire, la formation de ces minéraux n'est qu'une simple conséquence du métamorphisme, car, si la chaleur a dilaté les roches préexistantes et permis l'introduction dans leur sein d'émanations de natures différentes, le jeu des affinités à dû donner naissance à la formation de cristaux divers, de même que dans nos chaudières de cristallisation et dans nos fourneaux de fusion nous voyons se former des cristaux de diverses natures. Cette manière de voir explique pourquoi les minéraux disséminés sont si rares dans les dépôts neptuniens non métamorphiques, et pourquoi ceux que l'on rencontre dans les dépôts métamorphiques ont en général beaucoup de rapports avec ceux qui se trouvent dans les roches plutoniennes. Il est à remarquer à ce sujet que, dans les roches trappéennes et au voisinage de ces roches, il s'est principalement formé des hydrosilicates, tandis que ce sont des silicates anhydres qui se trouvent dans les granits et dans les dépôts voisins des granits.

Les changements résultant de l'introduction de principes étrangers dans des roches préexistantes ont aussi donné les moyens d'expliquer le **relèvement des couches qui recouvrent certains amas lenticulaires**, notamment ceux de gypse enfermés dans des marnes triasiques. En effet, le calcul démontre que si du calcaire est transformé en gypse, celui-ci prend un volume beaucoup plus considérable que celui du calcaire. Or, lorsque l'on voit que l'eau en se congélant brise les vases les plus tenaces et que de simples racines d'arbres soulèvent des pierres d'un grand poids, on conçoit que le gonflement éprouvé par le calcaire transformé en gypse peut relever et même renverser les couches qui le recouvraient.

Le métamorphisme, combiné avec les mouvements que les soulèvements ont imprimé aux dépôts, donne les moyens de concevoir l'**origine des feuillets schistoïdes contrastant** avec la direction des couches, fait dont il était impossible de se rendre raison dans une théorie exclusivement neptunienne; car, si ces feuillets résultaient du dépôt successif des sédiments, leurs plans devaient être parallèles à ceux des couches qu'ils forment. On conçoit au contraire, et l'expérience a prouvé, que l'échauffement d'une roche dilatant ses molécules, donne à celles-ci de l'aptitude à glisser les unes sur les autres lorsque la roche est mise en mouvement sous une forte pression et qu'il peut en résulter une texture feuilletée ou *foliation* dont les surfaces de clivage sont parallèles à la direction de ce mouvement; Aussi M. Laugel fait-il remar-

quer (1) que la direction des feuillets est toujours parallèle à la direction de la chaîne de montagnes et que ces feuillets, qui sont verticaux le long de la ligne anticlinale, s'abaissent insensiblement vers l'horizon à mesure qu'ils s'éloignent de cette ligne, de sorte qu'ils présentent une disposition radiaire ou en éventail.

L'origine des veines se rattache, jusqu'à un certain point, aux phénomènes du métamorphisme, en ce sens qu'il est probable qu'il y a des veines qui, comme les minéraux disséminés, sont le résultat d'une cristallisation déterminée par l'action d'une chaleur postérieure à la formation de la roche principale. D'autres, au contraire, semblent être le résultat d'une injection faite à la manière des filons; mais nous croyons que le plus ordinairement les veines des terrains neptuniens se sont formées par la voie aqueuse, c'est à dire que la force qui porte les molécules de même nature à se réunir, a agi lorsque les roches se trouvaient encore dans un état de mollesse aqueuse qui permettait ce transport, par un phénomène analogue à ce que nous voyons lorsque de la boue se gèle avec lenteur. On peut remarquer en effet que dans cette circonstance les molécules d'eau, au lieu de demeurer dans l'état d'union où elles étaient avec les molécules de terre, se réunissent, et forment souvent de petites veines au milieu de la masse. Cet effet se remarque surtout au moment où la boue commence à geler; on y voit alors des veines superficielles de glace qui forment, au milieu de la masse non gelée, le même effet que les filets de glace qui commencent souvent la congélation de l'eau. D'un autre côté, les fissures de retrait qui se forment dans les masses minérales par le refroidissement et par la dessication doivent aussi faciliter cette tendance des molécules similaires à se réunir.

C'est encore à cette tendance que l'on doit attribuer la **formation des rognons** et des autres concrétions renfermées dans les roches. Le plus communément cette réunion a eu lieu lorsque la roche se formait. D'autres fois elle a été faite postérieurement, soit par la simple infiltration d'une matière en dissolution qui a agglutiné des parties d'une roche meuble ou friable; tel est le cas de certains blocs mamelonnés de grès qui se trouvent enfouis dans les sables; soit par les effets du métamorphisme, qui, comme nous l'avons vu ci-dessus, a donné lieu à de nouveaux mouvements de molécules, ainsi qu'à l'introduction d'éléments nouveaux. Ces derniers étant à l'état gazeux ont donné naissance à des cavités dont les parois se sont ensuite tapissées d'incrustations et de cristaux par voie d'infiltration. L'enfouissement dans les roches de corps

(1) *Académie des sciences de Paris.* 22 janvier 1855. *Bull. de la Soc. Géol.*, 1855, XII, 363.

organisés, surtout d'animaux mous, a aussi été une cause qui a attiré des molécules siliceuses et donné naissance à des rognons de silex. Il est à remarquer que les rognons diffèrent des noyaux des roches conglomérées, parce que ceux-ci ont ordinairement des limites tranchées, tandis que les rognons se lient presque toujours avec la roche qui les renferme, ce qui est une conséquence de leurs modes respectifs de formation.

Les phénomènes connus sous les noms de **pseudomorphisme**, **épigénie** et **fossilisation**, ont aussi du rapport avec le métamorphisme, en ce sens qu'ils ont également changé ou modifié la nature des substances et qu'ils sont également dus à la tendance qu'ont certains corps, à éprouver des réactions chimiques lorsqu'ils sont placés dans des circonstances convenables; mais ces phénomènes n'ont agi que sur des minéraux isolés et sur des corps organisés, tandis que le métamorphisme agissait sur les roches.

Il y a eu *pseudomorphisme* lorsqu'un cristal a été entièrement détruit et que la place qu'il occupait a été remplie par une autre substance, ce qui donne naissance aux cristaux pseudomorphiques dont nous avons parlé dans la minéralogie (pag. 84).

Dans l'*épigénie* le contact avec d'autres corps a produit dans l'intérieur du minéral de nouvelles combinaisons qui lui ont fait perdre une partie de ses éléments et en gagner d'autres. Lorsque l'épigénie agit sur un cristal qui ne change pas de forme, elle donne comme le pseudomorphisme, naissance à un corps qui a une forme trompeuse. Tel est le cas d'un cristal de pyrite transformé en limonite (1).

La *fossilisation* donne naissance à trois catégories de fossiles, savoir : les *fossiles proprement dits*, les *moules* et les *empreintes*.

Les *fossiles proprement dits* sont le résultat de l'épigénie appliquée aux corps organisés. Ce phénomène, n'a pu en général s'exercer que sur les parties osseuses ou testacées des animaux, ainsi que sur les parties ligneuses des végétaux, les chairs se décomposant trop rapidement pour que la fossilisation ait lieu. La lenteur avec laquelle la matière minérale s'est substituée à la matière organique, est cause que l'on retrouve souvent dans les fossiles tous les détails de leur organisation intérieure.

(1) Il y a encore un autre phénomène qui donne aux cristaux une forme trompeuse, c'est celui que M. Delesse appelle *enveloppement* (*Ann. des Mines*, 1859, XVI, 318), c'est à dire celui où une matière qui cristallise enveloppe une autre matière étrangère qui n'influe pas sur la forme cristallisée. Tel est le cas de la substance que l'on a nommée *grès cristallisé de Fontainebleau* qui est un cristal de calcaire qui renferme tant de grains de sable que ceux-ci sont beaucoup plus abondants que le calcaire dans le cristal. Ce phénomène qui rentre dans la catégorie des mélanges (page 73), ne peut être assimilé au pseudomorphisme et à l'épigénie dont le caractère essentiel est la préexistence d'un corps d'une autre nature.

Il est à remarquer que ce phénomène ne se produit presque plus dans la période actuelle et que maintenant les os et les test perdent avec le temps leurs parties organiques sans que celles-ci soient remplacées par de nouvelles matières minérales; les corps organisés placés dans les circonstances les plus favorables se couvrant d'incrustations, ainsi que nous l'avons dit ci-dessus (pag. 408), plutôt que de se modifier par épigénie.

On donne improprement le nom de *moules* aux matières minérales qui se sont moulées sur les corps organisés qu'elles ont enveloppés, ou dans les cavités laissées par la destruction de ces corps d'où on les divise en *moules extérieurs* et en *moules intérieurs*. Ces derniers ont été formés par voie de remplissage comme les pseudomorphoses minérales et, de même que les moules extérieurs, ils ne présentent aucune trace de l'organisation intérieure du corps organisé qu'ils ont remplacé.

Le nom d'*empreintes* ne devrait à la rigueur être appliqué qu'aux marques laissées sur les substances minérales par la présence des corps organisés, notamment aux traces imprimées sur une roche molle par le passage d'un animal; mais on l'emploie aussi pour désigner les feuilles ou autres parties minces de végétaux enfermées dans des substances minérales, parce que le plus souvent il ne reste qu'une empreinte de ces corps, la matière organique ayant entièrement disparu.

Les végétaux se développant à la surface de la terre avec plus d'abondance et plus de rapidité que les animaux, ont donné naissance à un phénomène beaucoup plus étendu et plus important que la fossilisation, c'est à dire à la **formation des dépôts charbonneux**; mais si les géologues sont maintenant d'accord pour attribuer l'origine de ces dépôts à la décomposition des végétaux, ils ne sont pas aussi unanimes sur la manière dont le phénomène s'est passé; car, tandis que les uns croient que la houille a été formée, comme nos tourbes, sur la place même où croissaient les végétaux, les autres pensent que ceux-ci ont été transportés par les eaux, soit dans leur état naturel, soit réduits en bouillie. Cette dernière hypothèse, n'étant appuyée sur aucun des phénomènes qui se passent actuellement, ne nous semble pas pouvoir être prise en considération. Celle du transport des végétaux dans leur état naturel peut être appuyée sur ce qui se passe à l'embouchure de certains fleuves et sur certaines côtes où les eaux amènent des troncs d'arbres et d'autres débris de végétaux; aussi est-il probable qu'il existe des dépôts de lignite formés de cette manière. Mais lorsque l'on compare le peu d'importance des transports actuels de végétaux avec l'immense quantité de matières qui a été nécessaire pour produire les couches de houille que

recélait l'écorce du globe, on ne peut croire que ces couches soient le résultat d'un semblable transport; car M. Élie de Beaumont a calculé que pour produire une couche de houille de deux mètres, et l'on sait qu'il en existe de bien plus puissantes, il faudrait un amas de bois de cinquante-deux mètres d'épaisseur. Il semble donc plus probable, ainsi que le pense M. Adolphe Brongniart, que la houille a été formée à la manière des tourbes dans des marais plus ou moins étendus et sujets à des inondations qui déposaient au dessus des amas de végétaux des couches de matières terreuses.

On a objecté contre cette croissance, sur les lieux où se trouve la houille, des végétaux dont la décomposition a produit ce combustible, la grande épaisseur que présentent souvent les dépôts de terrain houiller, combinée avec la circonstance que ces végétaux ne pouvaient croître que dans des eaux peu profondes. Mais l'existence de puissantes couches pierreuses entre celles de houille et ce que nous avons dit (p. 448) sur les affaissements que devaient déterminer les dépôts de sédiments, détruit tout à fait la force de cette objection.

État du globe pendant la période primaire. — L'active végétation qui était nécessaire pour produire ces dépôts de matières charbonneuses, l'immense quantité de carbone qu'elle a absorbé et qui était probablement à l'état d'acide carbonique dans l'atmosphère, comme celui qu'absorbent nos végétaux actuels, a conduit M. Adolphe Brongniart à supposer que, dans ces premiers temps, l'atmosphère contenait une proportion d'acide carbonique beaucoup plus forte que celle qui s'y trouve maintenant. On sait, en effet, d'après les expériences de Théodore de Saussure, que la proportion d'acide carbonique que renferme l'atmosphère actuelle est loin d'être la plus favorable à la vie des végétaux; et qu'une quantité beaucoup plus considérable, jusqu'à 2, 3, 4, même 8 pour cent, rend la végétation plus active lorsque les plantes sont exposées au soleil. Une proportion d'acide carbonique plus grande que celle qui existe actuellement devait donc rendre la vie des végétaux plus active et plus indépendante du sol, en permettant à ces végétaux de vivre presque uniquement aux dépens de l'atmosphère. D'un autre côté, la présence d'une plus grande quantité d'acide carbonique dans l'air devait s'opposer, en partie du moins, à la décomposition des végétaux morts et à leur transformation en terreau, qui est due presque entièrement à la soustraction du carbone par l'oxygène de l'air. Les restes des végétaux morts devaient donc se conserver plus longtemps, et se transformer ainsi en une matière plus riche en carbone que le terreau.

Quoi qu'il en puisse être de cette ingénieuse hypothèse, qui se lie

d'ailleurs avec beaucoup d'autres phénomènes, la nature tropicale de la flore houillère et la circonstance qu'elle est composée de ces végétaux simples dont le développement a lieu avec rapidité, suffirait en quelque manière pour justifier l'opinion qui attribue une origine végétale aux charbons. D'un autre côté, la comparaison de cette flore avec les flores actuelles a porté M. Brongniart à conclure qu'elle annonçait des espaces de terre circonscrits au milieu de vastes étendues d'eau. Car l'abondance des fougères et des lycopodiacées, qui, ainsi qu'on l'a vu, caractérisent la flore houillère, rappelle non seulement la zone torride dans les flores actuelles, mais surtout celles des îles éloignées des continents. Ainsi, tandis que sur le continent européen ces plantes forment au plus un quarantième de la végétation totale, elles composent souvent le vingtième de la végétation des continents de la zone torride; dans les Antilles elles approchent du dixième; dans les îles de l'Océanie elles atteignent le quart ou même le tiers; et à l'île de l'Ascension il paraît y avoir égalité entre les plantes phanérogames et les cryptogames acrogènes. L'absence d'animaux terrestres dans le terrain houiller, ainsi que dans les terrains primaires en général, conduit également à cette conséquence qu'il n'y avait pas de grands continents à ces époques reculées, mais un immense océan parsemé d'îles basses fréquemment inondées, d'où l'on voit que les considérations tirées de la nature organique viennent aussi à l'appui de la théorie qui attribue l'origine des montagnes à des soulèvements successifs, car cette hypothèse conduit à admettre qu'il devait y avoir bien peu de terres émergées lorsque l'écorce du globe n'avait encore été que faiblement ridée et présentait en conséquence beaucoup moins d'inégalités qu'actuellement. Il est vrai que les géologues qui n'admettent pas la formation des rides successives expliquent la nature marine ou insulaire des dépôts primaires par la supposition que les continents de cette période ont été submergés et que nos terres actuelles représentent les mers et les îles des temps anciens. Mais c'est encore là une de ces hypothèses isolées qui ne se rattachent pas à un système d'ensemble et qui ne peuvent s'appuyer sur aucun des grands phénomènes que nous offre la nature actuelle. Tout, dans l'observation comme dans la théorie, nous conduit au contraire à admettre que nos terres actuelles représentent les parties de l'écorce terrestre qui ont été les plus élevées dès les premiers temps, soit qu'elles formassent déjà des îles découvertes représentées par les points où les terrains anciens sont maintenant à découvert, soit qu'elles fussent encore recouvertes par des eaux peu profondes, comme la plupart des lieux où nous voyons maintenant des débris d'animaux marins. Car on sait, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, qu'en

général les animaux marins ne vivent pas à de très grandes profondeurs, de sorte que l'immense quantité de débris de ces animaux, notamment de polypiers, que l'on trouve dans les dépôts neptuniens maintenant émergés, prouvent que ces dépôts ont été formés dans des eaux peu profondes. Du reste, si nous soutenons ici la thèse de l'ancienneté de l'émersion de nos terres et de la non-submersion d'autres continents, ce n'est qu'à un point de vue général, et nous ne voulons pas dire que leur sol a toujours conservé le même niveau ou qu'il ait toujours suivi un mouvement ascensionnel ; car on a vu ci-dessus que nous admettons beaucoup de causes d'affaissement puisque, outre les affaissements que l'on pourrait appeler généraux, parce qu'ils étaient une conséquence naturelle de la contraction du noyau et de la formation des grandes rides, nous avons signalé deux autres causes d'affaissements locaux, c'est à dire de ceux occasionnés par les dépôts en bassins (p. 447) et de ceux résultant du jeu des voussoirs (p. 448). Tout ce que nous voulons dire en ce moment, c'est que ces affaissements n'ont pas produit des différences de niveau comparables à celles déterminées par la formation des grandes rides, et que rien de ce que nous connaissons ne nous porte à admettre l'existence de vastes continents qui seraient maintenant submergés.

Si nous continuons à appliquer les mêmes considérations pour juger de l'**état du globe pendant les périodes secondaire et tertiaire,** nous y trouverons les mêmes confirmations des théories que nous avons adoptées. C'est ainsi que les flores postérieures à la flore houillère se rapprochent successivement des flores actuelles, et annoncent plus de rapports avec les flores continentales. C'est également ainsi que l'on ne voit paraître d'indices d'animaux à sang chaud que dans le milieu de la période secondaire, comme si ce n'était qu'à cette époque que l'atmosphère ait été assez purgée de son acide carbonique pour permettre le mode de respiration qui caractérise ces animaux. Ce n'est même qu'à partir de la période tertiaire que les animaux à sang chaud deviennent abondants; mais les formes tropicales des animaux ainsi que des végétaux qui ont été ensevelis dans les dépôts des zones tempérées, prouvent que la chaleur centrale exerçait encore une grande influence sur le climat pendant cette période.

Il est assez remarquable qu'il y ait plus de divergence d'opinions sur l'**état du globe pendant la période quaternaire** que pendant les périodes précédentes, du moins pour ce qui concerne le climat, car on est assez généralement d'accord pour admettre que les plus grandes parties de nos terres et de nos continents actuels étaient alors émergées comme à présent. En effet, tandis que l'on s'est appuyé pendant long-

temps sur les grands mammifères diluviens pour soutenir que la chaleur centrale exerçait encore une grande influence pendant la période quaternaire, plusieurs géologues ont cru avoir observé, dans ces derniers temps, des faits qui prouveraient l'existence d'une température beaucoup plus froide que la température actuelle; mais nous croyons que les uns et les autres ont donné une importance trop générale à des faits qui peuvent s'expliquer par des circonstances particulières.

Il est vrai, pour ce qui concerne les mammifères, que plusieurs débris, ensevelis dans le diluvion, non seulement de nos contrées tempérées, mais aussi des parties les plus froides de la Sibérie, appartiennent à des genres qui n'existent maintenant que sous la zone torride. Mais on ne doit pas perdre de vue que les espèces n'étant pas les mêmes, il n'y a rien qui s'oppose à ce que l'on admette que les espèces diluviennes pussent vivre sous des températures plus froides que celles qui sont nécessaires à leur congénères actuels, et c'est ce que prouve l'éléphant de la Léna sur lequel on a trouvé de longs poils et du duvet. D'un autre côté la présence des débris d'animaux dans le diluvion ne prouve pas toujours que ces animaux aient vécu sur les lieux où se trouvent maintenant ces débris, car ceux-ci peuvent avoir été transportés de distances plus ou moins considérables. C'est ce qu'annonce encore l'éléphant de la Léna, qui a été déposé par les eaux dans un lieu où la température est tellement basse qu'il y a été immédiatement saisi par le froid et qu'il est demeuré à l'état de congélation jusqu'à ce qu'un éboulement en ait mis des parties à découvert en 1799.

Il est à remarquer aussi que des différences locales et temporaires de température en plus ou en moins, peuvent très bien s'expliquer sans recourir à des changements dans la marche générale de la température du globe terrestre. Nous avons vu dans la météorologie que les lignes isothermes, c'est à dire d'égale chaleur, sont loin d'être parallèles aux latitudes, et qu'il y a quelquefois des écarts de plus de 30 degrés entre ces lignes. Or, s'il y a eu des époques où les causes qui déterminent ces écarts n'existaient pas ou bien où elles agissaient en sens contraire, on obtiendrait des différences énormes de température. On sait, par exemple, que parmi ces écarts l'un des plus prononcés est celui que présentent les températures de la Scandinavie et de la Sibérie, et l'on attribue, entre autres causes, la température relativement élevée de la Scandinavie au courant du *Gulfstream* qui amène sur ses côtes les eaux chaudes du golfe du Mexique, et la température relativement basse de la Sibérie à sa position continentale ainsi qu'aux hautes montagnes qui interceptent la communication des vents et des vapeurs venant du midi. Si nous sup-

posons une époque ou des eaux des tropiques n'étaient pas dirigées le long des côtes de Norvége, mais où il y en avait qui traversaient l'emplacement actuel de la Sibérie, il y aurait pour ces deux régions des différences prodigieuses de température avec ce qui a lieu aujourd'hui. Or une semblable supposition répugne d'autant moins à notre imagination, que d'après ce que nous avons dit de l'origine des montagnes, les Andes et l'Himalaya sont classées parmi les chaînes les plus récentes, et que la mer Caspienne ainsi que celle d'Aral paraissent être les restes d'un vaste amas d'eau qui n'est séparé de l'Océan que depuis très peu de temps.

Les faits sur lesquels on s'est appuyé pour soutenir l'hypothèse d'une période de froid sont l'extension des glaciers et la présence de coquilles arctiques dans quelques dépôts quaternaires des îles Britanniques. Or cette dernière circonstance peut très bien s'expliquer, non seulement par la variation des lignes isothermes dont nous venons de parler, mais aussi par la considération que, dans les mers septentrionales, les coquilles qui vivent à une certaine profondeur ont un caractère plus boréal que celles qui vivent à un niveau plus élevé sous la même latitude; de sorte qu'il suffit, pour se rendre raison de la présence des coquilles arctiques, de supposer que le fond de la mer, dont le soulèvement a mis ces coquilles au jour, était plus bas que ne le sont maintenant la plupart des fonds qui environnent les îles Britanniques.

Quant à l'extension des glaciers, c'est une question dont on s'est beaucoup occupé dans ces derniers temps et à laquelle on a été conduit par les recherches sur l'**origine des blocs erratiques**. On a pendant longtemps attribué aux eaux courantes, et notamment aux eaux diluviennes, le transport de tous les blocs qui se trouvent éloignés des masses dont ils ont été détachés; mais des études plus spéciales ont porté plusieurs géologues à contester aux eaux la faculté d'avoir pu transporter une partie de ces blocs dans les lieux où ils se trouvent. En effet, si l'on conçoit comment les eaux diluviennes ont pu rouler des blocs de granit du Morvan jusques à l'embouchure de la Seine, on ne comprend pas comment le bassin de la mer Baltique et la grande vallée de l'Aar n'ont pas empêché les eaux d'amener les blocs de Scandinavie sur les plaines de la basse Allemagne et ceux de l'Oberland sur les crêtes du Jura. On a cru en conséquence que, pour certains cas, il fallait supposer d'autres moyens, et l'on a notamment recouru à l'action des glaces qui auraient transporté les blocs, comme des radeaux, à la manière des glaces flottantes que nous voyons dans les mers polaires et dans les débâcles de nos rivières. On conçoit, en effet, que des éboulements ou

des inondations aient pu déposer des blocs sur des glaces qui les auraient transportés à des distances plus ou moins éloignées. Mais M. Bayfield (1), qui a souvent vu des blocs transportés de cette manière sur les lacs du Canada et sur le fleuve Saint-Laurent, fait rentrer l'origine de ce transport dans un phénomène périodique de ces contrées; car il a remarqué que les glaces qui se forment sur le fleuve enferment les blocs reposant sur ses bords ou sur les hauts-fonds, d'autant plus aisément que les eaux sont ordinairement fort basses à cette époque, de sorte que ces blocs sont ensuite soulevés avec les glaces lorsque la fonte des neiges augmente le volume des eaux. Cette explication rend très bien raison du transport des blocs auxquels nous restreignons l'épithète d'erratiques, et notamment de ceux de la grande plaine d'Europe que nous avons cités comme exemple; car, pour que ce transport ait été possible, il suffit d'admettre que la mer Baltique s'étendait jusqu'au pied du Harz et du Valdaï, supposition qui est appuyée par la présence de coquilles marines dans la plaine.

Mais si l'hypothèse des glaces flottantes explique d'une manière satisfaisante le transport des blocs des plaines, il n'en est pas de même de ceux qui reposent sur des montagnes élevées. Aussi plusieurs géologues, notamment MM. Venetz (2), de Charpentier (3) et Agassiz (4), ont-ils attribué leur transport aux glaciers et citent-ils à l'appui de cette hypothèse plusieurs faits très concluants, notamment la disposition des blocs en digues parallèles où les gros blocs sont mélangés avec des cailloux, du gravier et du sable, comme dans les moraines; les surfaces polies et striées que présentent les rochers voisins des points où se trouvent les blocs, et qui ressemblent à celles que l'on voit près des glaciers actuels; les cavités perpendiculaires que l'on voit aussi dans les rochers sur lesquels reposent les blocs, et qui ressemblent à celles que font les eaux qui se précipitent à travers les fentes des glaciers actuels. Ces géologues ont fait voir ensuite que, dès que l'on admettait une plus **grande extension des glaciers**, on se rendait facilement raison des circonstances relatives aux blocs qui avaient paru jusque-là les plus difficiles à expliquer. C'est ainsi, par exemple, que si les glaciers de l'Oberland avaient été assez étendus pour combler la vallée de l'Aar, le transport des blocs des Alpes sur les crêtes du Jura est un fait tout naturel.

Ces idées nouvelles ont été violemment attaquées, et, d'un autre

(1) Société géologique de Londres, 6 janvier 1836.
(2) *Annales des mines*, 1835, V. 219.
(3) *Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique*. Lausanne, 1841.
(4) *Études sur les glaciers*. Neuchâtel, 1840.

côté, on leur a donné une telle extension que l'on a supposé que la terre avait éprouvé une période de refroidissement assez forte pour que la calotte des glaces polaires s'étendît jusqu'au milieu de l'Allemagne. Il est probable que ces deux opinions extrêmes sont également exagérées; et nous croyons, d'un côté, qu'il y a eu des glaciers dans des lieux où il n'en existe plus, et que certains glaciers ont été plus étendus qu'ils ne sont maintenant; mais, d'un autre côté, nous ne pensons pas, ainsi qu'on l'a vu ci-dessus, que l'on ait besoin, pour expliquer ces faits, d'étendre une calotte de glace jusqu'au milieu de l'Europe, et nous croyons que les seules variations des lignes isothermes peuvent en rendre raison, surtout si l'on admet avec Charpentier que c'est plutôt une température humide que de très grands froids qui produit le développement des glaciers (1).

Il est aussi à remarquer que si l'abaissement des montagnes (p. 429) a réellement lieu, ce qui nous paraît très probable, il donnerait également un moyen très simple de concevoir le développement des glaciers, puisque plus les montagnes sont élevées sous une même latitude, plus il s'y accumule de neiges perpétuelles. Du reste, on voit que les hypothèses qui attribuent aux glaces flottantes le transport des blocs erratiques proprement dits, et qui voient dans d'autres blocs une preuve de l'ancienne extension des glaciers, ne contrarient nullement la théorie du refroidissement graduel et successif du globe terrestre; on pourrait même dire qu'elles la confirment, puisque l'absence de blocs de ce genre dans les dépôts anciens annonce qu'il ne s'est pas formé des glaces à la surface de la terre avant la période quaternaire.

Origine des barres diluviennes. — Nous croyons, avant de quitter les phénomènes quaternaires, devoir dire quelques mots concernant l'origine des terres connues sous le nom de *Nehrungen* sur les côtes de Prusse, et sous le nom de *lidi* sur les côtes de Vénétie. On a vu dans la Géographie que ce sont des presqu'îles ou des îles longues et étroites qui forment des barres ou des cordons en avant de l'embouchure des grandes vallées. On assimile ordinairement leur origine à celle des atterrissements ou des dunes; mais nous ne concevons pas comment nos cours d'eau actuels auraient formé des dépôts beaucoup plus avant dans la mer que ceux qu'ils ont fait postérieurement et en laissant un grand

(1) Voir l'*Essai sur les glaciers*. Je dois faire remarquer à cette occasion que je ne puis admettre, avec Charpentier, que les vapeurs qu'a dû produire le soulèvement des Alpes orientales aient pu refroidir la température de ces contrées; car si ces vapeurs ont pu effectivement diminuer l'action des rayons solaires, elles ont dû, d'un autre côté, produire un grand développement de chaleur et diminuer le rayonnement.

espace vide; nous ne concevons pas davantage comment l'action des vagues de la mer aurait élevé un bourrelet de matières solides qui ne serait point appuyé sur un point fixe, et comment ce bourrelet serait demeuré permanent, tandis que nous voyons en général que les matières poussées par les vagues ne s'arrêtent que sur des points déjà fixés, et que les dépots qu'elles laissent, pour ainsi dire, échapper de leur sein, dans les lieux où il n'y a pas d'obstacles fixes pour les protéger, sont démolis et remaniés par un mouvement subséquent. D'un autre côté, s'il était possible que les vagues formassent des dépots permanents dans les ieux où il n'y a pas de points d'appui pour les protéger, on pourrait demander pourquoi les cordons isolés ne sont pas plus communs, pourquoi il s'en trouve quelquefois dans des positions qui ne se prêtent pas au refoulement, et pourquoi ils n'ont en général ni augmenté, ni diminué depuis les temps historiques. Or, toutes ces difficultés disparaissent dès que l'on voit dans ces cordons des barres formées par les eaux diluviennes. On conçoit en effet qu'à l'époque des grands courants diluviens, il a dû se former, comme à présent, des barres vers les points où ces courants se choquaient avec les eaux de la mer; mais ces barres ont dû s'établir sur une bien plus grande échelle que celles qui se forment dans nos cours d'eau actuels, puisque les courants, qui ont mis en mouvement les dépôts diluviens répandus sur des surfaces bien plus grandes que les lits de nos fleuves, devaient être bien plus considérables que ces derniers. On conçoit également que ces courants, ayant une force d'impulsion et une densité bien supérieures à celles de nos fleuves, ont pu refouler les eaux de la mer de manière que le choc, et par conséquent la barre ne se seront définitivement établis qu'à une certaine distance de la côte et non sur la ligne de prolongement de celles-ci, ainsi que cela se passe à l'embouchure de nos cours d'eau actuels, qui ne sont ni aussi volumineux, ni aussi denses, ni aussi impétueux. On conçoit également pourquoi les cordons qui nous occupent s'élèvent au dessus du niveau des eaux, tandis que nos barres actuelles sont généralement plus basses, car, lors de l'arrivée des eaux diluviennes à la mer, le niveau de celle-ci au point de contact a dû être plus élevé qu'il n'est actuellement (1).

Il nous reste maintenant, pour terminer cette énumération des phénomènes anciens, à dire quelques mots sur l'**apparition et la succession des êtres vivants** à la surface de la terre; mais nous devons avouer que nous n'avons aucun moyen positif de reconnaître l'époque de

(1) On trouvera encore d'autres considérations en faveur de l'origine diluvienne des Nehrungen, dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, 1845, III, p. 214.

cette apparition. La théorie nous apprend, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, que les êtres vivants n'ont pu habiter la terre avant qu'elle eût été assez refroidie pour permettre aux eaux d'y demeurer à l'état liquide; d'un autre côté, les débris les plus anciens de corps organisés que l'observation nous ait fait connaître sont ceux du terrain cambrien, ce qui ne dit pas que ces débris représentent les premiers habitants de la terre, car, si une partie du terrain cristallophylien a aussi été formée par précipitation aqueuse, il a pu recéler d'autres débris plus anciens encore qui ont été détruits par le métamorphisme, de même que nous voyons que ce phénomène a fait disparaître la plus grande partie des débris qui étaient contenus dans les autres roches métamorphiques. Du reste, il n'est pas probable qu'il y ait dans la réalité une différence tranchée entre les terrains fossilifères et ceux qui n'ont jamais contenu de corps organisés, car il y a lieu de croire que la vie ne s'est pas établie instantanément sur toute la terre, et qu'il y avait au contraire des portions habitées, tandis que d'autres étaient encore trop chaudes pour que des corps organisés pussent y vivre.

Quant à l'ordre dans lequel ont apparu les divers groupes de formes organiques, quelques géologues avaient été portés à croire que les animaux avaient précédé les végétaux, parce que l'on n'avait pas trouvé de ces derniers dans les dépôts les plus anciens; mais cette manière de voir, qui était en opposition avec la considération qu'en général les formes simples ont précédé les formes compliquées, a dû être repoussée depuis que, dans ces derniers temps, on a découvert des fucoïdes dans le terrain cambrien. Du reste, l'idée que les formes simples ont précédé les formes compliquées, ne doit être prise que dans de certaines limites; car les quatre grands types des formes animales se trouvent déjà dans la faune silurienne, et si le type vertébré n'a pas, jusqu'à présent, été rencontré dans la faune cambrienne, on ne doit pas se hâter d'en conclure que ce type n'existait pas dans les premiers temps, car il est à remarquer que ce n'est qu'en 1846 que M. Barrande a signalé pour la première fois l'existence de cette faune, qu'elle n'a encore été trouvée que dans des dépôts plus ou moins métamorphiques, et qu'enfin on n'y a reconnu jusqu'à présent que 174 espèces.

La succession de formes différentes que présentent les êtres qui ont vécu sur la terre pendant la série des temps, est un phénomène très remarquable sur l'explication duquel on est loin d'être d'accord; les uns l'attribuant à de simples destructions partielles, les autres à des créations successives, ou à des changements de formes déterminés par des causes extérieures.

La destruction partielle de la population d'une contrée, et son remplacement par d'autres organismes est un phénomène qui a certainement eu lieu. Ainsi, quand un fond de mer a été émergé, les animaux marins ont dû périr ou se retirer avec les eaux, et des animaux terrestres ou d'eau douce seront venus les remplacer; de même lorsque la mer a recouvert une terre, les animaux terrestres ont dû être détruits et remplacés par des animaux marins. On sent aussi que des changements dans la température, la multiplication des animaux carnassiers et celle de l'homme ont pu faire disparaître certaines espèces; mais il est impossible que ces circonstances aient produit la succession régulière de faunes et de flores différentes que l'étude de la paléontologie a fait connaître. En effet, si les espèces actuelles avaient vécu dans les temps anciens, comment serait-il possible que l'on ait examiné un assez grand nombre de fossiles, pris dans les différentes parties de la terre et dans les différents terrains, pour avoir pu déterminer plus de vingt mille espèces particulières, sans que l'on ait rencontré une seule des espèces actuelles mêlée avec les espèces très anciennes? comment serait-il possible que les faunes et les flores qui se sont succédé dans les diverses parties de la terre présentassent une tendance régulière à se rapprocher des faunes et des flores actuelles, de telle manière qu'un naturaliste qui n'aurait aucune connaissance du gisement de ces faunes et de ces flores et que l'on chargerait de les classer chronologiquement les rangerait bien décidément dans leur ordre naturel d'après les seules affinités organiques? Nous pensons en conséquence que l'hypothèse de l'existence simultanée de toutes les espèces d'êtres vivants qui ont habité la terre ne peut être admise depuis les développements qu'ont pris les connaissances paléontologiques.

Quant à l'hypothèse des créations successives, elle peut, à la rigueur, expliquer tous les faits tels qu'on les connaît; aussi est-elle maintenant admise par un grand nombre de naturalistes, mais elle ne s'appuie sur aucun des phénomènes qui se passent sur la terre depuis les temps historiques; or, il nous semble que l'on ne doit recourir à de semblables hypothèses que quand il n'y a pas moyen d'expliquer les faits par l'application des phénomènes actuels, ce qui n'est pas le cas, ainsi que nous allons le faire voir; mais nous ferons remarquer auparavant que la marche régulière et progressive des divers systèmes d'organisation qui se sont succédé est un phénomène qui rend l'hypothèse des créations successives très peu probable à nos yeux, et que l'on conteste encore la réalité de l'état de choses qui a le plus fortement contribué à faire admettre l'hypothèse des créations successives, c'est à dire l'indépendance complète

des faunes. On ne peut toutefois contester que dans beaucoup de lieux le passage d'une faune à une autre ne présente une différence absolue; mais ce changement complet s'explique aisément par les révolutions géologiques et ne détruit pas les conséquences que l'on peut tirer des liaisons qui existent dans d'autres lieux entre les faunes différentes. Il est vrai que l'on attribue souvent ces liaisons à des remaniements, mais ces remaniements ne peuvent s'appliquer à tous les cas de liaisons et surtout aux *colonies* de M. Barrande (1), qui prouvent au contraire que deux faunes qui, d'après l'ensemble des faits, représentent deux époques successives, ont été contemporaines pendant un certain temps (2).

L'hypothèse des modifications des êtres vivants par l'action des causes extérieures a aussi été attaquée par la considération que, dans l'état actuel des choses, la génération reproduit toujours des êtres semblables à leurs parents ou du moins qui n'en diffèrent que dans des limites si restreintes qu'ils ne peuvent jamais se ranger dans une autre espèce. Nous n'avons pas à examiner ici si l'espèce est effectivement quelque chose d'aussi tranché que le pensent ces naturalistes ou si c'est ainsi que les genres, les familles, les ordres, les classes, une abstraction imaginée par la science pour faciliter la connaissance des êtres. Mais, sans contester que la permanence des formes organiques est un des caractères les plus tranchés de l'état actuel des choses, nous pouvons nous demander s'il n'y a pas quelques exceptions à cette règle et si ces exceptions n'ont pas dû se produire avec plus d'énergie dans les temps anciens.

Quant à ce qui concerne la première de ces questions, nous dirons que, si nous examinons les animaux et les végétaux avec lesquels nous avons le plus de relations, nous verrons qu'il s'y produit des changements de formes, et que ces changements se perpétuent par la génération. Quel est, par exemple, le cultivateur qui n'ait point dit que certaines plantes ou certaines races d'animaux *dégénèrent*, lorsqu'on les transporte dans certaines contrées? On sait également que les soins de l'homme ont fini par rendre les fleurs doubles, les fruits plus succulents, et même, comme disent les horticulteurs, par faire *gagner de nouvelles espèces*. On est également parvenu à rendre les animaux domestiques plus propres

(1) *Bulletin de la Soc. Géol.* 1851, t. VIII, p. 153; 1860, t. XVII, p. 602.

(2) Les partisans des créations successives ont aussi été conduits, comme conséquence, à admettre une autre hypothèse qui me semble tout aussi gratuite : c'est que les espèces ne doivent, comme les individus, exister que pendant un temps déterminé.

Je ne parle pas ici des générations spontanées qui sont, en quelque manière, l'expression matérialiste de l'hypothèse des créations successives, parce que depuis les dernières observations sur la reproduction des animaux infusoires, on ne voit pas sur quoi peut s'appuyer cette hypothèse.

aux usages auxquels on les destine, et les effets de cette influence des soins de l'homme sont si généralement reconnus qu'il n'y a pas de zoologiste qui ne convienne que la domesticité modifie les animaux. A la vérité il y a des zoologistes qui rejettent ces derniers résultats de la série des phénomènes naturels et qui voient un effet de l'art partout où l'homme a étendu ses soins, de même que les minéralogistes appellent *artificiels* les cristaux que l'on obtient dans les laboratoires et dans les fabriques ; mais on ne doit pas perdre de vue que si l'art peut faire une statue, un tableau, une étoffe, il ne peut faire ni un cristal, ni un être vivant ; tout ce que l'homme fait à cet égard, c'est de disposer les choses de manière que les forces naturelles se trouvent dans des conditions qui leur permettent d'agir dans une direction différente de celle où elles auraient agi sans son intervention.

Si nous recherchons maintenant quels sont les moyens que l'homme emploie pour modifier les êtres vivants nous verrons que c'est principalement en changeant l'alimentation et la température, ce qui nous permet de répondre à la seconde question que les changements d'alimentation et de température que nous pouvons produire sont bien peu de chose en comparaison de ceux qui ont dû résulter du refroidissement du globe terrestre, des dégagements de gaz qui se produisaient dans les temps anciens avec bien plus d'énergie qu'à présent, surtout à l'époque des révolutions géologiques, des effets que la présence et ensuite la fixation de ces gaz produisaient sur la nature des eaux et de l'atmosphère. De sorte que l'on peut dire que l'application des lois de la nature organique actuelle aux temps anciens a dû produire sur les animaux sauvages des modifications bien plus importantes que celles que l'homme produit actuellement sur les animaux domestiques.

Du reste, on ne doit pas perdre de vue que, depuis qu'il est reconnu que tous les grands types d'organisation existaient déjà pendant la période primaire, on n'a pas besoin de donner à l'hypothèse des modifications une extension qui avait jeté sur elle une grande défaveur lorsque l'on voulait faire descendre tous les êtres vivant actuellement d'une simple monade.

Une autre objection que les adversaires des modifications opposent à cette hypothèse, c'est que l'on ne trouve pas de passages d'une espèce à une autre. Mais nous croyons pouvoir élever des doutes sur cette assertion, lorsque nous voyons les discussions qui s'élèvent à chaque instant entre les paléontologistes pour le classement de certains individus dans une espèce plutôt que dans une autre, et les découvertes qui font connaître chaque jour de nouvelles espèces qui viennent se ranger entre celles

déjà connues. Nous croyons, en outre, que la nature actuelle nous présente aussi des transformations qui ne se font pas d'une manière aussi graduée que celles déterminées par l'alimentation et la température; ce sont les *métamorphoses* et les *croisements*.

On sait en effet que le développement des êtres vivants se compose d'une succession de changements de formes qui varie selon les divers groupes d'êtres, et que, chez certains animaux inférieurs, ces changements de formes sont tellement radicaux, que le même individu pourrait être rangé, non seulement dans une espèce différente, mais même dans une classe différente, selon les diverses phases de son évolution où on l'observe. On sait également que des circonstances extérieures peuvent arrêter l'évolution sans faire périr l'animal, et des observations récentes ont fait connaître qu'il y a des animaux doués de la faculté de se reproduire avant que leur évolution soit terminée. De sorte que si des causes générales, telles que des changements de température ou d'alimentation, arrêtaient le développement de ces animaux, ils formeraient des espèces quelquefois assez différentes de leurs ancêtres pour être placés dans d'autres classes.

On sait également que les *croisements*, c'est à dire l'union d'êtres qui appartiennent à des espèces ou à des races différentes, donnent naissance à des êtres qui diffèrent de leurs parents. A la vérité, les adversaires des transformations repoussent l'application de cette cause à la succession paléontologique parce que, disent-ils, c'est un phénomène qui n'a lieu que par l'intervention de l'homme, que les hybrides résultant du croisement d'espèces différentes sont stériles ou ne peuvent au plus se reproduire que jusqu'à la cinquième génération et qu'enfin les hybrides résultant du croisement de races différentes retournent après quelques générations à l'un des types originaires.

Quant à ce qui concerne l'intervention de l'homme, on vient de voir que cette intervention se réduit à mettre certaines forces naturelles à même d'agir dans une direction donnée, or on conçoit facilement que les révolutions géologiques en détruisant une partie des populations organiques et en amenant à la surface de la terre des substances susceptibles de servir d'excitants, devaient donner lieu à beaucoup plus de croisements qu'il ne s'en fait actuellement.

On conçoit également que les mêmes causes ont pu donner plus d'aptitude aux hybrides pour se reproduire qu'ils n'en ont maintenant; car l'expérience prouve, par exemple, que la reproduction des mulets, si rare dans nos climats tempérés, est plus fréquente dans les climats chauds. D'un autre côté, on ne doit pas perdre de vue qu'il suffit que la reproduction

des hybrides ait eu lieu une fois pour que l'on y voie un phénomène naturel possible. Or dès qu'un phénomène naturel est possible, sa fréquence ou sa rareté ne dépend que de la fréquence ou de la rareté des conditions qui le mettent dans le cas de se produire. Il est à remarquer au surplus que l'opinion que les hybrides ne conservent la faculté reproductrice que pendant quatre ou cinq générations n'est fondée que sur quelques rares expériences faites dans des ménageries, c'est à dire dans des conditions très défavorables; de sorte que l'on pourrait comparer cette opinion à celle d'un cornac qui dirait que les éléphants sont stériles parce qu'il n'avait pu obtenir des petits avec ceux qu'il entretenait en domesticité. Nous dirons aussi que nous sommes entourés d'un groupe d'animaux qui semble donner un démenti à cette opinion. En effet, lorsque l'on examine les animaux que les naturalistes laissent réunis sous le nom d'*espèce chien*, on s'aperçoit qu'il y en a qui se rapprochent du chacal, d'autres qui se rapprochent du loup et d'autres qui ne se rapprochent d'aucune espèce connue, d'où l'on est porté à conclure que nos chiens actuels sont le résultat du croisement de trois espèces au moins, c'est à dire du chacal, du loup et d'une espèce entièrement passée à l'état de domestiticité. Si l'on objectait contre cette manière de voir que les différences qui existent entre les chiens résultent des soins que les hommes leur ont donnés, nous répondrions en premier lieu que reconnaître à l'homme la faculté de produire des différences aussi profondes serait donner gain de cause à la théorie des transformations, et en second lieu que les modifications que les hommes cherchent à opérer sur les êtres vivants tendent vers un but d'utilité ou d'agrément, de sorte qu'ils n'ont pas dû chercher à faire ressembler leurs chiens au loup ou au chacal, mais, lors même que quelques hommes auraient eu cette intention, ils n'auraient jamais pu atteindre ce but, puisque les soins de l'homme doivent nécessairement avoir pour résultat de rendre les êtres qui en sont le sujet plus différents de ceux restés à l'état sauvage.

Pour ce qui est du retour des hybrides vers l'un des types originaires, nous avons déjà eu l'occasion de faire voir (1) que ce retour est loin d'être démontré; que dans les cas où l'on croyait l'avoir observé chez les hybrides provenant des races humaines on devait y voir l'effet de nouveaux croisements faits avec des individus plus rapprochés de l'un des types originaires, et qu'enfin ces apparences de retour n'étaient dans les autres cas qu'un effet de ces oscillations qui ont lieu dans tous les phéno-

(1) *Des races humaines*, Paris, 1859, p. 7. *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, t. XV, p. 381, t. XVII, p. 438.

mènes naturels et qui sont d'autant plus prononcées que les phénomènes rentrent moins dans l'ordre ordinaire des choses.

On ne doit pas perdre de vue non plus que, quand on a modifié des êtres vivants, soit dans leurs formes, soit dans leurs habitudes, il faut ordinairement une suite de générations plus ou moins longue pour que les changements obtenus acquièrent une véritable fixité. C'est ainsi, par exemple, que les animaux sauvages que l'on veut domestiquer ont dans les premières générations une tendance à reprendre leurs anciennes habitudes, qui ne se perd qu'après un certain nombre de générations. Or ce phénomène nous conduit à admettre la possibilité que, dans les premiers temps, les espèces n'avaient pas encore acquis la stabilité qu'elles ont maintenant, et que des modifications pouvaient se produire plus facilement.

On voit, par ce qui précède, que l'hypothèse qui fait descendre les êtres qui vivent aujourd'hui de ceux qui ont vécu dès les temps les plus anciens, peut non seulement s'appuyer sur les phénomènes qui ont lieu actuellement dans la nature organique, mais qu'elle est plus en rapport que toute autre avec l'ensemble des faits que nous présente l'étude du globe et avec la tendance au perfectionnement, qui est un des caractères les plus importants de la série des êtres qui ont vécu successivement à la surface du globe terrestre (1).

(1) L'idée du perfectionnement successif des êtres est souvent contestée, Alcide d'Orbigny notamment, invoquait contre elle la considération que cinq ordres d'animaux de l'embranchement le plus parfait, celui des vertébrés, sont en décroissance, et que les embranchements des mollusques et des rayonnés ne présentent pas maintenant des êtres plus perfectionnés que ceux des premiers temps, mais je ne vois pas que ces faits ébranlent l'opinion du perfectionnement successif; car peu importe, pour que le perfectionnement ait eu lieu, qu'il ne se soit pas étendu également sur tous les groupes que l'on a jugé à propos d'établir parmi les animaux. La question est de savoir si le nombre des espèces et des individus supérieurs n'a pas toujours été en augmentant, et si l'on ne voit pas paraître successivement, dans la série des temps, des espèces de plus en plus perfectionnées. Or personne n'avait mieux mis en relief la réalité de cette assertion que d'Orbigny, qui avait fait voir les époques où chaque ordre, chaque famille, chaque genre, chaque espèce d'animaux a paru sur la terre. D'Orbigny insistait aussi sur ce que plusieurs ordres, plusieurs classes, plusieurs embranchements d'animaux ont présenté, dès les premiers temps, des formes aussi perfectionnées que celles qu'ils présentent aujourd'hui. Or, je ne vois pas que l'on puisse tirer de ce fait aucune conclusion contre le système du perfectionnement, ni contre celui des modifications; car les formes des animaux de ces ordres ou de ces classes ont subi la loi du changement comme celles des ordres ou des classes supérieures. Toute la différence c'est que, dans cette série de changements, ces ordres ou ces classes ne se sont pas perfectionnés comme les animaux vertébrés, ce qui dit simplement que les animaux des types inférieurs avaient pris, dès les premiers temps, tout le perfectionnement qui, d'après les lois de la nature, est compatible avec le plan de leur organisation, tandis que le plan des animaux vertébrés était établi de manière à recevoir les perfectionnements que l'étude de la paléontologie nous fait voir que ces animaux ont successivement reçus.

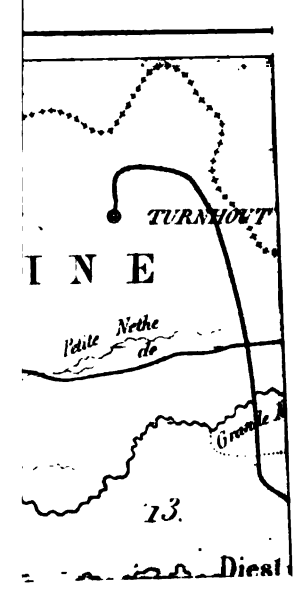
D'un autre côté, il n'est pas hors de propos de faire observer ici que l'on ne peut tirer de ce qui a été dit ci dessus sur les changements de formes et sur le perfectionnement survenus dans la nature vivante, aucun argument contre l'immatérialité de l'âme de l'homme ; on doit éviter de

confondre l'ordre moral et l'ordre physique; car, de même que nos croyances religieuses ne doivent pas nous empêcher de voir les faits de la nature tels qu'ils sont, nous devons encore moins nous appuyer sur quelques observations faites avec nos sens grossiers, pour attaquer des dogmes qui tiennent à un ordre de choses tout différent.

Du reste, quoique je considère les êtres vivant aujourd'hui comme provenant, par la voie de reproduction, de ceux des temps anciens, je n'entends pas dire que l'homme doit reconnaître un polype comme la souche de sa noble race. Mais quand il serait vrai que l'espèce humaine aurait aussi subi des changements de formes dans la série des temps, cette circonstance ne ferait rien à l'existence du principe immatériel dont la religion nous apprend que Dieu a doué l'homme, ce principe étant tout aussi compatible avec d'autres formes qu'avec celle qui distingue l'homme d'aujourd'hui. Mais il y a plus, c'est qu'aucun des faits constatés par les observations géognostiques ne peut être considéré comme destructif de la relation contenue dans la Genèse; nous ne pouvons, par exemple, nous prévaloir de nos observations négatives pour dire que l'homme n'a pas été créé le même jour que les animaux terrestres. La seule conclusion forcée qui résulterait de cette circonstance combinée avec les hypothèses admises dans ce livre, c'est que, si l'homme existait au moment de la formation du terrain houiller, ses poumons étaient organisés d'une manière qui lui permettait de vivre dans une atmosphère contenant une quantité d'acide carbonique suffisante pour faire mourir les hommes d'aujourd'hui. Or, il y a deux choses à remarquer à cet égard, c'est que cette hypothèse de l'abondance de l'acide carbonique adoptée pour l'explication de quelques phénomènes géologiques, n'est qu'un accessoire indépendant du système général, l'autre, c'est que la Genèse nous conduit elle-même à supposer que les premiers hommes étaient doués d'un système respiratoire différent de celui dont jouissent les hommes d'aujourd'hui, car ce qu'elle nous rapporte de leur longévité annonce un ordre de choses plus ressemblant, sous ce rapport, à ce qui se passe maintenant chez les reptiles et chez les poissons, qu'à ce qui a lieu chez les hommes actuels.

On pourrait encore ajouter que si l'on trouve dans nos livres sacrés des passages qui semblent appuyer l'hypothèse des transformations, ces livres paraissent repousser celle des créations successives précédées de la destruction complète des organismes préexistants, car ces livres ne parlent que d'une seule création, et bien loin de conduire à supposer que les premiers types aient été complétement détruits, ils nous entretiennent de la manière dont ces types ont été conservés pendant la dernière grande révolution géologique.

DES CART



LIVRE VI.

COUP D'ŒIL SUR LA GÉOLOGIE PARTICULIÈRE DE LA BELGIQUE (1).

CHAPITRE Ier.

NOTIONS GÉOGRAPHIQUES.

Position astronomique. — Le royaume de Belgique est situé entre le 49e et le 52e degré de latitude boréale, et entre le méridien de Paris et le 4e degré de longitude orientale.

Constitution orographique. — Toute la partie septentrionale appartient à la grande plaine du milieu de l'Europe ; mais le sol se relève dans la partie S.-E., qui peut être considérée comme l'extrémité occidentale des monts Hercyniens ou montagnes du milieu de l'Allemagne. Ce sol n'atteint cependant pas une grande élévation, et le point le plus haut n'a pas 700 mètres d'altitude. Le pays a deux pentes générales, l'une dans le sens de l'E. à l'O., l'autre dans celui du S. au N.

Constitution hydrographique. — La Belgique renferme beaucoup d'*eaux*, quoiqu'elle ne soit traversée que par deux *fleuves* importants, la *Meuse* et l'*Escaut*, qui ont leurs sources dans l'empire français et leurs embouchures dans le royaume des Pays-Bas. Mais les parties élevées sont arrosées par une multitude de petits cours d'eau, tandis que les parties basses présentent beaucoup d'eaux stagnantes et de nombreux

(1) Voir l'observation préliminaire placée à la tête du volume.

canaux creusés pour la navigation et pour l'écoulement des eaux. Quelques-unes de ces parties sont tellement basses, qu'elles ne sont conservées à la culture qu'au moyen de digues qui les préservent des inondations; c'est ce que l'on appelle des *polders*.

Les principales *rivières* de la Belgique, qui se jettent immédiatement dans les deux fleuves que nous venons de citer, sont la *Lys*, la *Durme*, le *Rupel*, la *Dendre*, la *Zwalme*, la *Haine* pour l'Escaut; le *Viroin*, la *Sambre*, la *Méhagne*, le *Geer*, la *Berwine*, l'*Ourte*, le *Hoyoux*, le *Boc*, la *Lesse*, la *Houille*, la *Semois* pour la Meuse. Parmi les nombreux affluents de ces rivières de second ordre, nous citerons la *Heule* et la *Mandel* pour la Lys; la *Senne*, la *Dyle*, le *Demer*, les deux *Gettes*, les deux *Nèthes* pour le Rupel; la *Trouille* pour la Haine; l'*Heure*, le *Piéton* et l'*Orno:* pour la Sambre; la *Vesdre*, la *Hoegne* et l'*Emblève* pour l'Ourte.

Les cours d'eau qui se jettent dans la partie de la mer du Nord qui baigne la Belgique sont peu étendus, mais généralement canalysés. Les plus importants sont l'*Yperlée* et son affluent l'*Yser*.

Quelques autres petits cours d'eau, sur la frontière orientale, se jettent dans le Rhin par l'intermédiaire de la Moselle.

Nous ferons voir dans le chapitre III, ci-après, que la direction des cours d'eau de la Belgique n'indique pas toujours la pente générale du sol.

Si nous recherchons quelles sont, dans la Belgique, les **contrées géographiques** que l'usage conserve indépendamment des divisions politiques, nous reconnaîtrons que l'on peut en distinguer de deux sortes : les unes, qui se rattachent uniquement à quelques considérations naturelles, semblent remonter aux temps historiques les plus anciens; les autres, qui tirent principalement leur origine d'anciennes démarcations politiques.

L'une des plus caractérisées de ces divisions, et dont le nom était déjà en usage du temps de César, est l'*Ardenne*, contrée qui s'étend de sources de l'Oise à celles de la Kyll, et qui, sous le rapport politique, est maintenant partagée entre les royaumes de Belgique et de Prusse, l'empire français et le grand-duché de Luxembourg (1). L'Ardenne,

(1) L'Ardenne n'ayant jamais correspondu à des limites politiques ou administratives, on est d'autant moins d'accord sur sa délimitation, que ce nom annonçant un mauvais pays, les habitants des contrées voisines l'étendent ou le restreignent d'après leur point de départ, et que ceux de l'Ardenne le renvoient respectivement à la partie occupée par ceux qui parlent un idiome différent; c'est ainsi que les habitants des contrées fertiles de la rive gauche de la Meuse comprennent souvent le Condros dans l'Ardenne, et que les habitants de la partie de l'Ardenne où l'on parle le patois liégeois ne reconnaissent pour l'Ardenne que la partie où l'on parle le patois lorrain. Je crois que le meilleur moyen d'avoir une marche fixe et conforme à l'usage le plus général, c'est de considérer l'Ardenne comme limitée par les dépôts calcaires qui donnent un caractère particulier et plus de fertilité aux contrées qui l'environnent.

plus élevée que tous les pays qui l'entourent au N., à l'O. et au S., est un vaste plateau, dont l'altitude moyenne est de 500 à 600 mètres, et qui atteint 689 mètres à Botrenge, au nord de Malmedy (1). Son sol est souvent assez uni, mais dans les parties traversées par des cours d'eau un peu importants, il est déchiré par une multitude de vallées et de gorges extrêmement profondes, bordées par des escarpements qui ont quelquefois plus de 200 mètres de hauteur. On peut en quelque manière y considérer les vallées principales comme des tiges d'où partent une infinité de rameaux qui s'étendent sur les côtés, en sillonnant toute la surface voisine. L'Ardenne est généralement aride; on y trouve d'immenses forêts et de vastes landes qui forment ou des plateaux marécageux et incultes, connus dans le pays sous le nom de *hautes fagnes* (2), ou de mauvaises pâtures qu'on ne cultive ordinairement que par l'essartage, c'est à dire à des intervalles plus ou moins longs et après avoir brûlé le gazon. Il n'y a pas longtemps que l'on ne trouvait de terres régulièrement cultivées et de bonnes prairies que dans les vallées, mais depuis quelques années la culture a fait de grands progrès dans les parties où des routes, des chemins de fer et le voisinage des lieux où l'on fabrique de la chaux ont facilité les moyens d'amender les terres.

Au nord-ouest de l'Ardenne se trouve le *Condros*, dénomination qui était aussi en usage dès le temps de César. On peut considérer cette contrée comme limitée par la Meuse et la plaine qui s'étend entre les parties inférieures de la Meuse et du Rhin; mais la portion septentrionale de cette étendue est plus connue sous le nom de *pays de Herve*, et celle du sud-est sous celui de *Famenne*. Le Condros est, par son élévation et ses productions, comme par sa position, un intermédiaire entre l'Ardenne et les contrées basses du nord-ouest; il est formé de plateaux dont l'altitude ne paraît pas surpasser 350 mètres, et qui sont souvent divisés en collines longues et étroites, dirigées du sud-ouest au nord-est, et séparées par des vallées parallèles, peu profondes et à pentes très douces. Mais ces collines et ces vallées sont coupées par d'autres vallées plus enfoncées dont la direction est très variable et les flancs plus ou moins escarpés. De nombreux cours d'eau qui circulent dans ces vallées et une végétation très variée contribuent à donner à la contrée un aspect fort pittoresque; mais c'est un pays peu fertile, quoique la

(1) Le signal de Botrenge est situé sur le territoire prussien, mais près de ce point, la baraque Michel, province de Liége, atteint l'altitude de 674 mètres. (Houzeau, *Essai de géographie physique de la Belgique*, p. 39.)

(2) Le mot *fagnes* ou *fanges* paraît dérivé de celui de *veenen*, qui signifie terrain tourbeux dans les langues germaniques.

culture y ait fait d'immenses progrès depuis le commencement de ce siècle.

On désigne ordinairement sous la dénomination de ***Hainaut***, non seulement la province belge de ce nom, mais aussi la partie orientale du département français du Nord, et l'on peut considérer cette contrée comme se prolongeant jusqu'à la Meuse, de manière à comprendre le reste du pays *entre* la *Sambre* et la *Meuse*, pays que l'on considère quelquefois comme une petite contrée particulière, laquelle a beaucoup de rapports avec le Condros, dont elle est en quelque manière le prolongement. Dans sa partie méridionale, qui longe l'Ardenne, se trouve un petit territoire qui est le prolongement de la Famenne et que l'on appelle *Fagne*, parce que son sol, alternativement sec et marécageux, a beaucoup de rapports avec les hautes fagnes de l'Ardenne. La partie du Hainaut entre la Sambre et l'Escaut, qui est plus basse et plus unie, est au contraire un pays très remarquable par la réunion de ses richesses agricoles, minérales et manufacturières.

La contrée qui s'étend au N.-E. du Hainaut, sur la rive gauche de la Meuse, depuis l'Ornoz jusqu'au Demer, est assez généralement connue sous le nom de *Hesbaye;* c'est un pays ondulé plutôt que réellement plat, dont l'altitude est d'environ 200 mètres et qui est remarquable par sa fertilité pour la production des graines céréales et oléagineuses.

Au nord du Demer et de la Nèthe s'étend, entre l'Escaut et la Meuse, une contrée connue sous le nom de *Campine*, et qui, sous le rapport politique, est partagée entre le royaume de Belgique et celui des Pays-Bas. Cette contrée est très basse, extrêmement unie et fort stérile, le sol y étant en général couvert de bruyères et de marais, à l'exception cependant des parties qui avoisinent les fleuves, qui sont au contraire très fertiles. On a aussi mis en culture les bords des canaux et les alentours des lieux habités, qui forment des oasis au milieu des bruyères.

Au sud-est de la Campine, entre la Gette et la Dendre, se trouve le *Brabant* contrée qui, dans sa partie N.-O., présente quelques portions aussi basses et aussi horizontales, mais beaucoup plus fertiles, que la Campine. Le reste, qui est plus élevé, a un sol assez inégal, sillonné par de nombreux vallons et aussi très fertile. Cette contrée se subdivise en *Brabant wallon* au sud et *Brabant flamand* dans le nord. La partie orientale de ce dernier est connue sous le nom de *Hageland*.

On désigne en général sous le nom de *Flandre* la contrée qui s'étend depuis la Dendre jusqu'à la mer du Nord, et qui comprend non seulement les deux provinces belges de Flandre, mais aussi la partie occidentale du département français du Nord et la partie continentale de la

province néerlandaise de Zélande (1). Son sol est généralement très bas et fort uni. Il présente cependant une chaîne de collines qui forment le prolongement de celles du Brabant et qui, après quelques interruptions, se terminent par le groupe isolé de Cassel. La portion S.-E. de cette contrée est un des pays les plus fertiles de la terre, et une culture soignée a aussi rendu le reste très productif. La partie septentrionale renferme beaucoup de polders.

Il reste encore une petite portion du territoire belge qui n'a point été comprise dans cette énumération; elle est située au sud de l'Ardenne, et peut être considérée, sous le rapport géographique, comme l'extrémité septentrionale de la *Lorraine*. C'est un pays de collines qui atteint près de 500 mètres d'altitude, et qui produit beaucoup de céréales, mais où la culture est fort difficile (2).

(1) On pourrait considérer la Flandre géographique comme divisée en quatre parties distinguées par les épithètes de *septentrionale*, d'*orientale*, d'*occidentale* et de *méridionale*, lesquelles correspondraient respectivement aux quatre divisions politiques indiquées ci-dessus.

(2) Ce petit pays étant séparé politiquement de la Lorraine depuis plusieurs siècles, on n'est plus dans l'habitude de le comprendre dans cette grande contrée, et on le désigne souvent, avec une partie du Luxembourg grand-ducal, qui a les mêmes caractères, sous le nom de *Luxembourg à froment*. J'en avais parlé, dans mon édition de 1808, sous le nom simple de *Luxembourg*; mais cette dénomination, déjà vicieuse alors, puisque l'usage attribuait encore ce nom à tout l'ancien duché qui comprenait, en outre, une grande partie de l'Ardenne, ainsi que des portions de l'Eifel et du Condros, l'est devenue davantage depuis que l'on a rétabli deux divisions politiques sous le nom de Luxembourg : le grand-duché et la province belge; sans compter que l'usage admet encore un Luxembourg prussien et un Luxembourg français, pour les parties de l'ancien duché réunies au royaume de Prusse et l'empire français.

CHAPITRE II.

NOTIONS GÉOGNOSTIQUES.

Aperçu général. — Le sol de la Belgique présente les terrains que nous désignons par les épithètes de *modernes*, de *quaternaires*, de *tertiaires*, de *crétacé*, de *jurassique*, de *permien*, de *houiller*, de *dévonien*, de *rhénan*, de *silurien* et de *porphyrique*, de sorte qu'il n'y manquerait que les divisions que nous avons nommées *terrains cristallophyllien*, *granitique*, *ophiolitique*, *trappéen*, *trachytique*, *basaltique* et *volcanique*. On y trouve aussi les matières de filon, que Dumont nomme *terrain geisérien;* mais nous n'en parlerons, ainsi que du terrain porphyrique, qu'à l'article des autres dépôts dans lesquels ils sont intercalés. Il est à remarquer que les dépôts jurassiques et permiens ne se trouvant qu'au sud et à l'est du massif primaire de l'Ardenne, on peut dire que dans la Belgique proprement dite les dépôts crétacés, tertiaires et quaternaires reposent immédiatement sur les terrains primaires. De sorte qu'il y a une ligne de démarcation extrêmement tranchée entre les deux divisions que nous avons distinguées par les noms de *terrains primordiaux* et *secondiaux*. En effet, les premiers présentent des couches fortement disloquées, presque toujours plus ou moins inclinées ou plissées, et quelquefois si relevées qu'elles sont tout à fait verticales ou renversées, c'est à dire que, en suivant deux mêmes couches, on voit qu'elles se replient l'une sur l'autre, de manière que celle qui était au dessus dans un lieu devient inférieure dans un autre lieu; les roches y sont en général cohérentes, de couleurs foncées, traversées par de nombreux filons et

renfermant une grande quantité de parties cristallines. Dans les dépôts de la seconde catégorie, au contraire, les couches sont toujours à peu près horizontales, les roches souvent meubles ou peu cohérentes, de couleurs ordinairement claires et ne renfermant presque jamais de filons ou de parties cristallines.

1re *Section*. — Terrain silurien.

Considération préliminaire. — Ce n'est qu'avec doute, et pour nous conformer au rapprochement qui a été fait par d'autres géologues, que nous considérons comme siluriens les dépôts que Dumont a nommés *terrain ardennais* (1), car, comme on n'a pas encore trouvé dans ces dépôts des fossiles déterminables et que l'on ne sait pas sur quoi ils reposent, on n'a pas jusqu'à présent de moyens bien certains pour dire qu'ils représentent le terrain silurien plutôt que des assises plus anciennes. Il ne serait même pas impossible qu'ils appartinssent au terrain rhénan, quoique cette opinion ne paraisse pas très probable, attendu que Dumont avait observé une discordance de stratification entre ses terrains ardennais et rhénan.

Division en massifs. — Ce géologue avait également reconnu que le premier de ces terrains forme en Ardenne quatre massifs, séparés les uns des autres par du terrain rhénan et qu'il désignait par les noms des villes ou villages de Stavelot, de Rocroy, de Givonne et de Serpont.

Le *massif de Stavelot* occupe une partie du nord de l'Ardenne, en s'étendant de Dochamps (Luxembourg) à Schevenhutte (Aix-la-Chapelle) sur les territoires belge et prussien.

Le *massif de Rocroy*, dans le sud-ouest de l'Ardenne, se prolonge des environs d'Hirson (Aisne) à ceux de Louette-Saint-Pierre (Namur); il est aussi assez étendu, mais situé pour la plus grande partie sur le territoire français.

Le *massif de Givonne*, dans le sud-est de l'Ardenne, s'étend de Mazy (Ardennes) à Muno (Luxembourg); il est très restreint et presque entièrement compris sur le territoire français.

Enfin le *massif de Serpont*, au sud de Saint-Hubert, n'occupe qu'un très petit espace.

Caractères généraux. — Le terrain silurien de l'Ardenne est principalement composé de roches schisteuses et quartzeuses métamor-

(1) *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XX et XXI.

phiques. Dumont le divisait en trois étages, qu'il désignait respectivement par les noms de *systèmes devillien*, *revinien* et *salmien*, tirés des lieux nommés Deville (Ardennes) (1), Revin (Ardennes) et Viel-Salm (Luxembourg).

L'étage inférieur, ou *système devillien*, que Dumont considérait comme le dépôt le plus ancien que l'on connaisse en Belgique, forme cinq petits massifs qui percent les dépôts supérieurs, savoir : deux dans le massif de Stavelot et trois dans celui de Rocroy.

Cet étage est principalement composé de phyllades et de quartzites qui passent de l'un à l'autre par une grande quantité de nuances intermédiaires.

Les phyllades ont, d'après Dumont, la pyrophyllite pour base. Ils présentent, dans plusieurs localités, les caractères qui constituent les bonnes ardoises propres à couvrir les toits, et donnent lieu, sur le territoire français, à plusieurs exploitations très importantes : telles sont celles de Fumay, de Deville, de Monthermé, de Rimogne. On en exploite aussi sur le territoire belge, notamment à Oignies. On sait que les ardoises sont ordinairement d'un gris bleuâtre, mais elles passent au verdâtre, au violâtre, au rougeâtre et même au jaunâtre lorsqu'elles sont altérées. Il est à remarquer, à propos d'altération, que les phyllades qui se montrent au jour sur les plateaux, tant ceux de cet étage que ceux des autres étages siluriens et rhénans, sont généralement tendres et friables, doux au toucher, de couleur plus pâle et se transforment en une terre légère, onctueuse, qui ne fait point pâte avec l'eau et qui recouvre ordinairement tous les plateaux de l'Ardenne. Les phyllades que l'on observe sur les flancs des vallées sont en général plus tenaces et presque point altérables.

Le quartzite est quelquefois très pur et de couleur blanche, d'autres fois il est verdâtre et passe dans les parties supérieures au rougeâtre; il est ordinairement très cohérent, mais devient parfois friable, surtout sur les plateaux.

Il y a, comme nous l'avons déjà indiqué, une foule de nuances intermédiaires entre les phyllades et les quarzites, et toutes ces roches renferment des veines de quartz ainsi que des paillettes, des cristaux ou des

(1) Le département français des Ardennes forme, dans le territoire belge, entre Mézières et Givet, une pointe qui suit l'étroite et profonde vallée de la Meuse, et comme on peut beaucoup mieux observer les roches dans cette espèce de fente que sur les plateaux plus ou moins couverts de végétation qui la bordent, nous avons été conduits, Dumont et moi, à y prendre plusieurs de nos types et à citer des roches qui n'ont pas encore été observées sur le territoire belge, mais qui doivent, sans doute, s'y prolonger, vu le peu de largeur de la pointe dont il s'agit.

grains de pyrophyllite, de chlorite, de marcassite, d'aimant qui sont quelquefois assez abondantes pour déterminer des variétés particulières.

On n'a pas encore trouvé de fossiles dans cet étage.

L'**étage moyen**, ou *système revinien*, est plus développé que le précédent; il compose la majeure partie des massifs de Rocroy et de Stavelot, ainsi que tout le petit massif de Givonne; c'est cet étage qui atteint la plus grande altitude du sol belge. Il est, comme l'étage inférieur, principalement composé de phyllades, de quartzites et de roches intermédiaires; les quartzites y sont plus souvent colorés en gris, en bleuâtre et en noirâtre; les phyllades y donnent plus rarement de bonnes ardoises pour couvrir les toits que ceux de l'étage inférieur; il y a cependant quelques petites ardoisières en exploitation sur le territoire belge. Il existe aussi de ces phyllades plus tendres qui sont exploités, notamment à Farnières et à Ennal, dans le massif de Stavelot, pour faire des *crayons* qui servent à écrire sur les ardoises plus dures. D'autres fois les phyllades tendres deviennent noirs, passent à l'ampélite et ont donné lieu à des recherches infructueuses de charbon. On trouve aussi dans ces roches des veines de quartz, des paillettes de pyrophyllite et d'ottrélite, des cristaux de pyrite et de limonite.

M. Davreux rapporte (1) que l'on a trouvé des fragments de trilobite dans les phyllades de Solwaster; c'est la seule indication de fossiles que l'on connaisse dans cet étage.

L'**étage supérieur**, ou *système salmien*, se trouve dans la partie méridionale du massif de Stavelot, et forme à lui seul le petit massif de Serpont. Il est principalement composé de phyllades et de roches intermédiaires entre ceux-ci et le quartzite, mais ce dernier y est moins commun que dans les étages précédents. La présence respective dans ces roches de l'oligiste en grains violets, de l'ottrélite en paillettes noirâtres et de l'aimant en petits cristaux octaèdres, détermine l'existence de variétés particulières. On exploite dans cet étage des ardoises pour couvrir les toits, notamment à Viel-Salm; elles sont très solides, mais ne se divisent pas en feuillets aussi fins que celles de l'étage inférieur. Un caractère qui distingue ces ardoises est de renfermer de petits bancs ou zones de coticule jaunâtre ou verdâtre que l'on exploite, notamment à Salm-Château, au Sart, à Lierneux, à Bihain, sous le nom de *pierres à rasoirs*, et que l'on exporte dans une grande partie de l'Europe. Il y a ordinairement entre le phyllade et le coticule une union intime dont on

(1) *Mémoire sur la constitution géognostique de la province de Liége* dans le tome IX des *Mémoires couronnés par l'Académie de Bruxelles*.

profite, autant que possible, pour laisser une bande de phyllade dans chaque pierre à rasoir. Ces roches présentent quelquefois des altérations qui les font ressembler à des ocres jaunes ou rouges, que l'on a déjà employées à faire des couleurs grossières.

On a trouvé dans cet étage, aux environs de Spa et de Lierneux, quelques traces de fossiles; celles de la première de ces localités paraissent appartenir au règne végétal, et celles de la seconde sont des crinoïdes trop mal conservées pour que l'on puisse en déterminer l'espèce.

Les massifs siluriens dont nous venons de parler sont traversés par des **dykes** de diverses natures. On trouve notamment à Mairus, près de Deville, des masses que l'on a souvent prises pour des couches modifiées, mais que Dumont considérait comme des dykes d'une roche particulière qu'il nommait *hyalophyre*. Cette roche est composée d'une pâte qui paraît être une eurite à peu près infusible, renfermant des cristaux quadri-hexagonaux, simples ou maclés, d'orthose, des grains, des noyaux, des cristaux dodécaèdres de quartz et de quelques autres minéraux. Cette roche a souvent la texture massive, alors elle est très tenace et on l'emploie dans les constructions; d'autres fois elle est schistoïde, elle passe aussi sur les bords à la texture bréchiforme et renferme des fragments de quartzite, de phyllade et des roches intermédiaires.

Dumont citait également des dykes d'eurite et d'albite, soit simples, soit chloritifères ou phylladifères ; mais nous sommes porté à croire que parmi ces masses, surtout parmi celles à texture schistoïde, il y en a qui doivent être considérées comme des couches qui ont subi les actions métamorphiques plus fortement que les phyllades ordinaires.

Les filons de quartz sont très abondants dans les massifs siluriens, ils forment quelquefois des murs épais et ne consistent d'autres fois qu'en de simples veines. Ce quartz est ordinairement blanc, mais parfois il est coloré superficiellement en jaune, en rouge, en noir ou en vert, par des enduits de limonite, d'oligiste, d'acerdèse, de chlorite; sa texture est ordinairement compacte ou celluleuse. Les cavités présentent fréquemment des cristaux de quartz limpide ou blanc. On y remarque aussi, du moins dans l'étage supérieur, de la marcassite, de la phillipsite, de la chalkosine, de l'azurite, de la malachite, de l'oligiste spéculaire, de la limonite, de l'aphérèse, de l'andalousite, de la pyrophyllite, de la pholérite, des hydrosilicates magnésiques, du calcaire ferro-manganésifère, etc. Ils passent de cette manière à de véritables **filons cristallins**; il y a notamment de ces derniers dans les environs de Viel-Salm qui contiennent de l'oligiste spéculaire en grandes lames, quelquefois en cristaux, accompagné de pyrophyllite radiée. On cite également quelques

filons fragmentaires de limonite et de manganèse, mais à l'exception de celles de manganèse, il n'existe point d'exploitations métalliques dans ce terrain.

2e *Section.* — TERRAIN RHÉNAN.

Caractères généraux. — Le terrain rhénan de Belgique a beaucoup de rapport avec le terrain silurien; aussi avions-nous réuni pendant longtemps ces deux groupes sous la dénomination de *terrain ardoisier;* mais Dumont ayant reconnu qu'il y avait discordance de stratification, nous avons cru devoir adopter la division qu'il avait proposée. Ce terrain est aussi principalement composé de roches schisteuses et quartzeuses. Les phyllades y sont généralement moins feuilletées et tendent davantage à se rapprocher du schiste que ceux du terrain silurien. Lorsque ces roches sont à découvert, ou lorsqu'elles ne sont surmontées que par leurs propres débris, comme en Ardenne, elles déterminent l'existence de contrées stériles; mais en Brabant, où elles sont généralement recouvertes par des dépôts plus récents, notamment par du limon, le sol est très fertile.

Étendue et division en massifs. — Le terrain rhénan, tel que nous l'admettons, forme en Belgique trois massifs de grandeur très inégale : l'un recouvre une grande partie de l'Ardenne, où il est pour ainsi dire percé par les quatre massifs de terrain silurien, dont nous venons de parler. Le second forme une bande très étroite le long de la Meuse et de la Sambre depuis le nord de Huy jusqu'au sud-ouest de Charleroy, où elle se perd sous les dépôts supérieurs pour se remontrer dans quelques vallons au sud-ouest de Mons. Le troisième s'étend dans le Brabant et les contrées voisines. Ces trois massifs sont séparés les uns des autres par du terrain dévonien, qui sépare aussi le massif rhénan de l'Ardenne de celui du Rhin. De sorte que l'on peut considérer le terrain rhénan d'entre l'Escaut et le Rhin comme appartenant à un grand massif, plissé de manière à recevoir dans ses dépressions des dépôts de terrain dévonien qui le divisent en massifs distincts.

Le **massif de l'Ardenne** présente les trois étages que Dumont distinguait dans le terrain rhénan.

L'**étage inférieur,** ou *système gédinnien*, y forme deux massifs étroits : l'un qui longe le massif silurien de Stavelot, l'autre qui entoure les massifs siluriens de Serpont, de Givonne et de Rocroy, lorsque ceux-ci ne sont pas immédiatement recouverts par des dépôts secon-

daires. Cet étage commence par des *poudingues* qui ne se montrent quelquefois que par des blocs épars sur le sol. Ces poudingues sont parfois entièrement quartzeux, mais d'autres fois ils contiennent des phyllades, de la pyrophyllite, des hydrosilicates magnésiques, du kaolin, de la hornblende. Les fragments qui les composent sont souvent très petits, rarement gros, quelquefois immédiatement soudés entre eux, d'autres fois unis par une pâte qui passe au quartzite, au psammite et au phyllade. Ces poudingues ont en général de la tendance à prendre la texture schistoïde; ils sont exploités, notamment *à Fepin*, au sud de Givet, pour servir à la construction des bâtiments et des routes. On trouve au dessus des poudingues, aux environs de Naux-sur-la-Semois, du calcaire et du calschiste, qui s'unissent intimement avec les phyllades qui les entourent. Ces dernières forment la partie supérieure de l'étage : leurs couleurs sont très variables et présentent du rougeâtre, du grisâtre, du noirâtre, du bleuâtre, du verdâtre, soit uni, soit bigarré; ils passent aussi au schiste, au psammite, au grès, au quartzite, au poudingue, à l'arkose. Il y en a qui renferment beaucoup de petits octaèdres d'aimant. On rencontre aussi dans les roches de cet étage de la marcassite, des veines, des cristaux, des paillettes ou des grains de quartz, de limonite, d'acerdèse, de chlorite, de pyrophyllite, d'orthose, etc.

L'étage moyen, ou *système coblentzien* de Dumont, se montre sur une étendue beaucoup plus considérable que les autres dépôts qui recouvrent le sol de l'Ardenne, et réunit, en quelque manière, tous les massifs dont nous avons parlé jusqu'à présent. Il est principalement composé de phyllade et de quartzite, passant au schiste, au psammite, au grès, à l'arkose.

Les phyllades sont quelquefois susceptibles d'être employés comme ardoises pour couvrir les toits, surtout dans la partie méridionale, où plusieurs ardoisières sont ouvertes. L'une des principales est celle d'Herbeumont, à l'est de Saint-Hubert. Les arkoses sont exploitées, notamment à Rogery, pour servir de *pierre à aiguiser les faux*. Les roches de cet étage renferment beaucoup de minéraux disséminés, surtout celles qui se trouvent dans une zone qui traverse l'Ardenne dans le sens de sa longueur, en passant, entre autres, à Bastogne, et où les phénomènes métamorphiques ont exercé plus d'action que dans le reste de la contrée. Parmi ces minéraux, nous citerons le grenat, l'ottrélite, la bastonite (1), la pyrophyllite, la chlorite, l'actinote, l'aimant, le

(1) Dumont avait donné le nom de *bastonite* à une substance qu'il considérait comme une espèce particulière voisine de l'ottrélite.

kaolin, l'orthose, des hydrosilicates magnésiques, etc. Quelques-unes de ces substances, notamment l'aimant, l'ottrélite, le grenat, sont assez fréquentes et assez abondantes pour caractériser des variétés de roches. On y trouve aussi du calcaire qui se présente sous la forme de crinoïdes ou d'autres corps organiques, et qui, entre Bouillon et Charleville, compose des bancs ou amas, plus ou moins développés, que l'on exploite pour faire de la chaux. Ces bancs de calcaire sont ordinairement bleuâtres, traversés par des veines cristallines blanches; ils prennent souvent la texture schistoïde, et se lient intimement avec les phyllades qui les entourent.

Les traces de fossiles sont assez nombreuses dans cet étage, mais ces corps sont rarement susceptibles d'être bien déterminés. On y a cependant recueillis plusieurs espèces de trilobites, de brachiopodes, d'échinodermes, ainsi que le *Pleurodyctium problematicum*. Dumont avait observé aux environs de Bastogne des phyllades qui contiennent en même temps beaucoup de grenats et des débris de coquilles.

La partie quartzeuse de cet étage est particulièrement favorable à la croissance des arbres, et donne naissance à de vastes forêts, tandis que c'est sur les parties schisteuses que dominent les plaines incultes.

L'**étage supérieur,** ou *système ahrien* de Dumont, ne forme qu'une bande très étroite entre les étages inférieurs et le terrain dévonien, et encore cette bande cesse au nord d'Ernonheid (Liége), où le terrain dévonien repose immédiatement sur l'étage moyen et plus au nord sur le terrain silurien. Les roches de cet étage ont un aspect moins métamorphique que celles des étages inférieurs; ce sont des schistes plutôt que des phyllades, des psammites plutôt que des quartzites (1).

Le terrain rhénan de l'Ardenne est, comme le terrain silurien, traversé par de nombreux dykes de quartz blanc, qui passent à l'état de filons cristallins et à celui de simples veines. Parmi les matières métalliques de ces filons, on cite de la galène, de la marcassite, de la sperkise, de la stibine, de la chalkopyrite, de la limonite, de l'oligiste, du sidérose, des manganides, etc. La seule de ces substances qui donne lieu à une exploi-

(1) M. Gosselet, dans son *Mémoire sur les terrains primaires de la Belgique*, etc., Paris, 1860, émet l'opinion que cette bande devrait être réunie au système du poudingue de Burnot. L'aspect des roches, qui sont moins métamorphiques que celles des étages inférieurs, m'avait aussi conduit anciennement à la même manière de voir, mais, lorsque Dumont a eu publié son grand travail sur le terrain rhénan, j'ai cru devoir adopter le classement de ce savant stratigraphe, et je ne crois pas que l'on ait donné, jusqu'à présent, des motifs suffisants pour nécessiter un changement. Du reste, selon moi, cette question est très peu importante, attendu que quand deux divisions se suivent immédiatement dans la série, il y a, ainsi que je l'ai déjà dit, presque toujours autant de raisons pour mettre l'assise intermédiaire dans la division supérieure aussi bien que dans la division inférieure.

tation remarquable sur le territoire belge est la galène de Longwilly près de Bastogne. On peut aussi citer quelques filons de sable.

Nous avons déjà fait connaître que le petit **massif** qui s'étend sur les bords de la **Sambre** et de la **Meuse** ne forme qu'une bande très étroite, qui perce au milieu du terrain dévonien. Il se compose de phyllades, passant au schiste et au psammite. On a déjà exploité de ces phyllades pour couvrir les toits, mais ils n'ont ni la solidité ni le clivage nécessaires pour se prêter à cet usage. Dumont avait observé à Beuzet près de Fosse, et au nord de Huy, des traces de dykes ou de culots d'eurite quartzeuse (1).

Le **massif rhénan du Brabant** s'étend entre deux lignes, dont l'une se dirige d'Ath en Hainaut vers Liége, l'autre de Hal à Jodoigne; mais il est ordinairement recouvert par des dépôts secondaires, tertiaires ou quaternaires, et les roches rhénanes ne paraissent que dans le fond des vallées, ou sur quelques points isolés qui sont comme les sommités d'un ancien monde enseveli sous des dépôts plus nouveaux. Parmi les lieux où ces sommités sont le plus à découvert, nous citerons les environs de Tubize sur la Senne, d'Ottignies sur la Dyle et de Fumal sur la Méhagne (2).

Dumont n'avait reconnu dans ce massif que les étages inférieur et moyen; ce dernier se dégage de dessous le terrain dévonien du côté du midi, le premier se perd sous les dépôts tertiaires du côté du nord. Les roches y ressemblent à celles des parties les plus métamorphiques des étages correspondants de l'Ardenne, sauf que les poudingues n'y sont presque

(1) M. Gosselet (*Bulletin de la Soc. géol. de France*, 1861, XVIII, 588) annonce avoir trouvé dans cette petite bande, près de Fosse, des fossiles qu'il considère comme siluriens; mais ces fossiles n'ayant point été déterminés spécifiquement et ressemblant pour la plus grande partie à ceux de Gembloux, dont il va être parlé, je crois pouvoir appliquer, en faveur de l'opinion de Dumont, sur le classement du massif rhénan de Sambre et Meuse, les observations que l'on va trouver dans la note suivante sur le massif du Brabant.

(2) M. Gosselet, dans le beau travail que j'ai cité à la page 505, range la majeure partie de ce massif dans le terrain silurien et il fonde son opinion sur quelques fossiles que l'on avait recueillis à Grand-Manil, près de Gembloux. J'avais aussi été conduit, par l'aspect des roches, à rapprocher ce massif de la partie la plus ancienne de l'Ardenne; mais lorsque Dumont est parvenu, ainsi qu'il a été dit ci-dessus (p. 503), à établir des divisions régulières dans les dépôts que je réunissais sous le nom de *terrain ardoisier*, et qu'il a classé le massif du Brabant dans le groupe supérieur, c'est à dire dans son terrain rhénan ou terrain devonien inférieur des auteurs, j'ai cru devoir m'incliner devant une autorité aussi imposante, d'autant plus que mon opinion n'était fondée que sur des caractères minéralogiques, dans lesquels il y a lieu de ne voir avec Dumont que l'effet d'une action métamorphique, plus forte dans le Brabant que dans l'Ardenne. Quant aux considérations paléontologiques, qui ont déterminé M. Gosselet, il me semble qu'elles sont fort atténuées par les observations postérieures. En effet, lorsque M. Gosselet a publié son travail, on ne connaissait encore que des fossiles si mal conservés que l'on n'avait pu faire d'autres déterminations spécifiques que celle de la *Leptæna depressa*, espèce sur la valeur géognostique de laquelle on n'est pas encore d'accord. Depuis lors, M. Malaise, qui

pas représentés. Les quartzites sont communément d'un gris blanchâtre ou d'un gris rougeâtre, plus rarement noirâtres ou d'un gris foncé que ceux de l'Ardenne; d'autres fois ils sont bleuâtres ou verdâtres; leur texture, ordinairement grenue à cassure cireuse, devient quelquefois presque compacte, et d'autres fois elle se rapproche de celle des grès. Leur stratification est ordinairement masquée par les nombreuses fissures dont ils sont traversés. On les emploie principalement à faire des pavés, et on en extrait beaucoup entre Gembloux et Jodoigne, où ils s'élèvent fréquemment au niveau du sol, lequel est ordinairement recouvert de limon. Les phyllades ne sont en général ni assez clivables ni assez inaltérables pour être employés à couvrir les toits. On rapporte cependant que la halle d'Enghien a été couverte avec des ardoises extraites à Steenkerque, village des environs. Ces roches prennent quelquefois un aspect gras, qui les rapproche du coticule. Elles passent non seulement au quartzite, mais aussi au psammite, à l'arkose, au stéaschiste, à l'ampélite, et ce dernier passage a quelquefois, comme en Ardenne, donné lieu à des recherches infructueuses de charbon. Elles renferment parfois des hydrosilicates magnésiques, de l'ottrélite, de l'aimant et d'autres substances. On exploite, notamment à Clabbeek, une arkose chloritifère dont on fait des pierres de taille, des dalles et d'autres matériaux de construction. Les matières feldspathiques deviennent surtout abondantes dans le voisinage des culots porphyriques dont nous allons parler, mais il est à remarquer que ces matières se trouvent plutôt dans les couches qui sont à quelque distance des culots que dans celles qui sont en contact immédiat.

habite Gembloux, y a recueilli un grand nombre de fossiles dont il donne (*Bull. de l'Académie de Belgique*, 1862, XIII, 170) la liste suivante :

Phacops latifrons, *Roem.*
— *Sp.*
Homalonotus.
Pleurotomaria. *Sp. n.?*
Conularia ?
Spirifer micropterus, *Goldf.*
Athyris, *Sp.*
Orthis murchisoni, *de Vern.* (Leptæna plicata, *Sow.*)
— Sedgwicki, *d'Arch. et de V.*
Orthis Orbicularis, *de Vern.*
Strophomena laticosta, *Sandb.*
— piligera, *Id.*
Leptæna depressa, *Sow.*
— tæniolata, *Sandb.*
— *Sp.*
Chonetes Sarcinulata, *Schl. Sp.*
Cypricardia ?
Cyathophyllum ?

M. Malaise, en faisant observer que la plupart de ces formes sont considérées par M. Gosselet lui-même comme caractéristiques du dévonien inférieur, ajoute qu'il n'a rencontré aucun fossile qui se rapprochât des genres *Trinucleus* et *Calymene*, de sorte que ses observations paléontologiques confirmant l'opinion à laquelle Dumont avait été conduit par ses observations stratigraphiques; et cette opinion est aussi partagée par M. Dewalque qui s'est rendu sur les lieux pour vérifier les observations de M. Malaise et par M. de Koninck auquel les fossiles ont été soumis.

Ces *culots* ou *dykes porphyriques* se remarquent principalement sur une ligne dirigée de l'ouest à l'est, de Lessines (Hainaut) à Hozémont (Liége); mais les deux localités les plus remarquables sont Quenast et Lessines qui représentent, sans doute, la tête de deux énormes culots ou dykes, sur lesquels on a établi d'immenses carrières qui fournissent des pavés très recherchés à cause de leur solidité, et que l'on exporte jusqu'en Hollande et même jusqu'à Paris. La roche que l'on y exploite a reçu diverses dénominations, parce que sa composition est fort variable, et parce que l'on a été longtemps dans l'incertitude sur la nature de ses éléments, incertitudes qui ont été levées par l'analyse que M. Delesse en a faite (1). On peut la considérer comme un *porphyre chloritifère* dont Dumont faisait une espèce particulière sous le nom de *chlorophyre*. Elle est principalement composée d'oligoklase et de chlorite. La première de ces substances forme de petits parallélipipèdes cristallins, et une pâte plus ou moins colorée en vert par la chlorite. Lorsque l'on examine cette roche dans une cassure fraîche, elle paraît grenue et lamellaire plutôt que réellement porphyroïde; mais lorsqu'elle est polie, la texture porphyroïde se montre d'une manière très nette et l'on voit les parallélipipèdes d'oligoklase blanc ou vert clair se détacher d'un fond verdâtre plus foncé; ce fond passe quelquefois au noirâtre; d'autres fois, mais plus rarement, au rougeâtre. Les parties noirâtres forment parfois des espèces de taches ou de noyaux que l'on pourrait prendre pour du mélaphyre, ou même pour du trapp, lorsque les parallélipipèdes d'oligoklase se confondent avec la pâte. Cette roche renferme, comme parties accidentelles, de l'épidote, de l'amphibole, de l'axinite, du quartz, du calcaire, des pyrites, de la ménakanite, etc. Elle est traversée par un grand nombre de joints; ceux qui se trouvent vers l'extérieur du massif donnent quelquefois l'idée de véritables couches, mais ceux de l'intérieur annoncent des fissures plus ou moins irrégulières. Les parois de ces fissures sont généralement couleur de rouille, mais cette altération n'est que superficielle, tandis que celle que l'on voit sur les surfaces extérieures du massif est très épaisse. Il en est de même des blocs arrondis qui se trouvent ordinairement sur le sommet de ces culots; toutefois ces altérations paraissent tenir à un ordre de choses différent de ce qui existe aujourd'hui, car, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, cette roche est maintenant presque indestructible, et les pavés que l'on en fait n'ont d'autres défauts que de devenir glissants par le poli qu'ils prennent.

A Lessines, le porphyre est comme enseveli dans des dépôts meubles

(1) *Bull. de l'Académie royale de Belgique*, 1850, XVI, p. 5 8.

tertiaires et quaternaires; mais à Quenast il est entouré de phyllades. On trouve aussi dans plusieurs localités des environs de ce dernier gîte des roches schistoïdes dont la composition se rapproche plus ou moins de la roche massive. Dumont, qui les nommait chlorophyre schistoïde, porphyre schistoïde, albite phylladifère les considérait comme formant également des culots ou des dykes, mais nous croyons qu'elles se rangent plutôt dans les phyllades métamorphiques dont nous avons parlé ci-dessus. L'albite phylladifère, que l'analyse du porphyre par M. Delesse nous porte à envisager comme de l'oligoklase, se montre aussi à Pitet sur la Méhagne.

Dumont citait encore d'autres roches auxquelles il donnait les noms de *diorite chloritifère*, d'*hypersténite*, d'*eurite quartzeuse*, et qu'il considérait également comme formant des dykes ou des culots. La première se trouve entre Lembecq et Tubize (Brabant); elle est composée d'albite ou plutôt d'oligoklase grenue et en cristaux clivables, d'actinote verte en grains ou en cristaux et de chlorite en grains. Lorsque cette roche est fortement altérée, elle prend une teinte brunâtre. L'hypersténite se trouve à Hozémont (Liége); elle est composée d'eurite compacte d'un gris verdâtre, d'albite en cristaux simples ou maclés d'un blanc verdâtre, d'hypersténe noirâtre et de chlorite d'un vert sombre. Elle devient d'un brun jaunâtre par l'altération. L'eurite quartzeuse, que l'on a quelquefois confondue avec le quartzite, se montre notamment aux environs de Nivelles et à Grand-Manil près de Gembloux.

Les dykes de quartz sont aussi très communs dans le terrain rhénan du Brabant et se prolongent quelquefois dans les roches porphyriques. Ils passent à des filons cristallins et métallifères. On rapporte que l'on a exploité anciennement de la leberkise et de l'oligiste aux environs d'Enghien où l'on a aussi trouvé des indices de cuivre à l'état de chalkopyrite.

Les fossiles sont excessivement rares dans ce massif; il paraît même que l'on n'en a encore trouvé qu'aux environs de Gembloux. Ils sont en général analogues à ceux du massif rhénan de l'Ardenne (1).

3e *Section*. — Terrain dévonien.

Étendue et division en massifs. — Le terrain dévonien, tel que nous le restreignons, forme dans le sud-est de la Belgique un grand massif qui s'étend de l'Escaut jusqu'à la Roer, en remplissant la dépres-

(1) Voir la note de la page 506 et les listes du chapitre V.

sion qui sépare le terrain rhénan du Brabant de celui de l'Ardenne, et dans l'intérieur duquel se relève la petite bande rhénane de Sambre et Meuse. Un autre massif dévonien se trouve dans l'Eifel à l'est du massif rhénan de l'Ardenne, mais il n'atteint le territoire belge que par une petite pointe située à l'est de Neufchâteau.

Le **massif dévonien** qui s'étend **de l'Escaut à la Roer** est peut-être la contrée où ce terrain est le mieux prononcé. Il y est composé de roches schisteuses, quartzeuses et calcareuses qui, de même que le terrain rhénan qui leur sert de base et le terrain houiller qui leur est superposé, sont plissées de manière à former des voûtes et des bassins longitudinaux emboîtés les uns dans les autres. Ces voûtes et ces bassins ont une stratification très disloquée, leurs couches étant souvent plus ou moins inclinées et quelquefois renversées, c'est à dire que l'on voit les couches inférieures reposer sur les couches supérieures. D'autres fois il y a de petits massifs qui ne se composent que d'un système de couches inclinées non plissées. Il résulte de cet état de choses que l'inclinaison de ces couches est extrêmement variable. Leur direction est moins irrégulière et présente deux orientations principales qui se croisent sur une ligne que l'on peut considérer comme passant par Namur et Rochefort; de manière qu'à l'occident de cette ligne la direction dominante est de l'ouest à l'est, et qu'à l'orient elle est du sud-ouest au nord-est.

Il résulte aussi de cette disposition que ces roches paraissent former au premier coup d'œil des bandes dirigées dans le sens général de la direction des couches; et comme ces bandes montrent souvent la répétition des mêmes roches, on a cru pendant longtemps que le massif se composait d'un très grand nombre de systèmes placés sur leurs tranches à côté les uns des autres; mais Dumont a reconnu que ces alternatives sont dues à un petit nombre d'étages qui se sont plissés. Ces étages sont au nombre de trois pour le terrain dévonien dans les limites que nous lui assignons (1).

(1) Les découvertes de Dumont ont été consignées dans un *Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liége*, couronné par l'Académie royale de Bruxelles en 1830, et reproduites dans diverses notices publiées postérieurement, ainsi que dans ses belles cartes géognostiques. La manière de voir de Dumont, qui avait trouvé beaucoup d'incrédules, a fini par être généralement adoptée; seulement les recherches paléontologiques faites dans ces derniers temps, notamment celles de M. Gosselet (*Mémoire* cité à la page 505), ont fait voir que Dumont, comme tous les hommes qui font faire de grands progrès aux sciences, a quelquefois trop généralisé les faits qu'il avait découverts. C'est ainsi qu'ayant reconnu que presque toutes les alternatives de roches que présente le Condros sont le résultat de plissements, il a cru voir aussi des plis dans quelques localités de l'Entre-Sambre-et-Meuse, où il y a des intercalations de couches successives; mais, ainsi que M. Dewalque l'a démontré dernièrement (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1861, t. XI, p. 84), ces légères erreurs de détail n'altèrent pas l'ensemble des brillantes découvertes de Dumont.

L'étage inférieur règne non seulement le long du terrain rhénan de l'Ardenne et du Brabant, mais il se relève dans l'intérieur du massif, de manière à former une large bande qui est percée par la petite bande rhénane que nous avons dit se trouver dans le voisinage de la Sambre et de la Meuse. Il est composé de roches schisteuses et quartzeuses, dans le nombre desquelles on en remarque beaucoup qui sont caractérisées par une couleur rougeâtre qui d'ailleurs passe au brunâtre, au verdâtre, au jaunâtre, au grisâtre et au blanchâtre. L'une des roches la plus remarquable de cet étage est le *poudingue*, qui s'observe notamment à *Burnot* entre Namur et Dinant. Cette roche est ordinairement formée d'une pâte de psammite rougeâtre qui renferme des fragments, plus souvent anguleux qu'arrondis, de diverses substances, ordinairement quartzeuses, notamment de quartz compacte blanc, de quartzite rougeâtre ou grisâtre, de phtanite noirâtre. Cette dernière substance donne un moyen de distinguer le poudingue de Burnot de celui de Fepin (p. 504), où il paraît qu'il n'en existe pas; d'autres fois les fragments sont agglutinés les uns aux autres sans que l'on aperçoive le ciment qui les unit. Ce poudingue forme souvent des pierres très solides que l'on emploie à faire des pavés, des meules de moulins, des ouvrages de hauts fourneaux. On préfère surtout pour ce dernier usage le poudingue *blanc*, c'est à dire celui où domine le quartz blanc et où il n'y pas de pâte psammitique, laquelle est ordinairement fusible. Quelquefois aussi les fragments ne sont pas liés entre eux et la masse ne présente qu'un assemblage de cailloux enfouis dans un sable argileux. Quoique ces poudingues soient stratifiés et intercalés dans les psammites et les schistes avec lesquels ils se lient intimement, ils forment souvent des renflements plus épais que les autres couches.

Les psammites de cet étage passent non seulement au poudingue et au schiste, mais aussi au quartzite et au grès; on les emploie à faire des pavés, etc. Les schistes, qui se lient intimement avec les psammites, ne présentent pas le clivage en grands feuillets qui caractérise les phyllades et la plupart se transforment, lorsqu'ils sont exposés à l'air, en une terre argileuse.

Les fossiles sont excessivement rares dans cet étage, il n'est pas même certain que ceux en très petit nombre que l'on y a cité, ne devraient pas être considérés comme appartenant aux dépôts qui lui sont inférieurs ou supérieurs.

L'étage moyen, tel que nous le restreignons maintenant (1), est

(1) Dumont, qui le premier, en 1830, a distingué cet étage sous le nom de *Système calcareux inférieur* et ensuite sous celui de *Calcaire eifélien*, y comprenait tous les calcaires dévo-

composé de calcaire et de schistes; il peut se diviser en deux systèmes caractérisés par des faunes différentes et qui ont pour type, l'un le *calcaire* sur lequel est bâtie la ville *de Couvin*, l'autre le *calcaire* qui forme les escarpements qui dominent la ville *de Givet*.

Le système du *calcaire de Couvin* est peu développé et manque dans une grande partie du massif dévonien. Il est principalement composé de schistes, ordinairement gris, quelquefois noirâtres, contenant souvent des noyaux, des amas ou des bancs de calcaire. Ceux-ci se trouvent ordinairement dans la partie moyenne du système. Les schistes de la partie inférieure sont caractérisés par la présence du *Spirifer cultrijugatus*, tandis que le calcaire et les schistes supérieurs le sont par la *Calceola sandalina*.

Le système du *calcaire de Givet* est plus développé et forme le long de l'Ardenne une bande continue accompagnée d'îlots séparés. Il est moins puissant et souvent interrompu sur les autres bordures des massifs dévoniens. Ce système est principalement composé de calcaire de couleur bleuâtre, passant au noirâtre, au grisâtre et au blanchâtre. On avait anciennement attribué ses couleurs noire ou bleue à du bitume, mais M. Bouésnel a reconnu (1) qu'elles sont dues à du charbon dans un état analogue à celui de l'anthracite. Ce calcaire dégage souvent quand on le brise, une odeur fétide que l'on a attribué à l'acide sulfhydrique; sa texture est tantôt compacte, tantôt grenue, tantôt lamellaire, quelquefois bréchiforme; ses masses grenues ont ordinairement la cassure droite et les masses compactes, la cassure conchoïde. Il renferme beaucoup de parties cristallines, les unes forment des veines ou de petits filons plus ou moins prolongés; les autres, des noyaux ou des rognons dans lesquels il y a souvent des géodes tapissées de cristaux. On remarque que c'est dans les couches impures et friables que les cristaux et les noyaux cristallins sont le plus abondants. Ces parties sont ordinairement blanches mais il y en a de limpides dont on peut obtenir par la division mécanique des rhomboèdres qui rappellent ceux d'Islande. Ce calcaire est souvent très cohérent et fournit d'excellentes pierres d'appareil, ainsi que des marbres estimés. Tels sont le marbre gris et blanc de Sainte-Anne, canton de Merbes le Château, la brèche de Lesve, etc., il alimente

niens de la Belgique, et j'avais suivi cette marche dans mes publications antérieures à la présente. Depuis lors, les recherches paléontologiques ayant fait voir que la partie supérieure de ces calcaires recèle une faune analogue à celle des schistes de Famenne, j'ai cru devoir adopter le mode de division établi par M. Gosselet et comprendre les couches à *Terebratula cuboïdes* ou *Calcaire de Frasne* dans mon étage supérieur.

(1) *Journal des Mines*, 1810, XXIX. 209.

aussi de nombreux fours à chaux. Il est quelquefois mélangé de carbonate magnésique, d'argile ou de silice et passe à la dolomie, au calschiste, au schiste. Parmi ses fossiles on cite comme caractéristique le *Strigocephalus Burtini*.

Ce système présente souvent des cavernes ou d'autres cavités souterraines dans lesquelles se perdent des cours d'eau qui reparaissent à des distances plus ou moins éloignées. Parmi les plus remarquables de ces cavernes, nous citerons celle de Han, canton de Rochefort, qui est traversée par la Lesse et qui se compose d'une longue série de salles et d'étranglements tapissés de stalactites (1).

L'étage supérieur, tel que nous l'étendons maintenant (2) se compose de trois systèmes dont on peut citer comme type : le *calcaire* sur lequel est bâti le village *de Frasne*, canton de Couvin, les *schistes* qui donnent un caractère particulier à la *Famenne* ainsi qu'à la Fagne, et les *psammites* qui forment la majeure partie des collines longitudinales *du Condros* (3).

(1) On trouve une bonne description de la caverne de Han par MM. Kickx et Quetelet, dans le tome II des *Nouveaux Mémoires de l'Académie royale de Bruxelles*.

(2) Voir la note de la page 511.

(3) Il y aurait lieu, d'après M. Gosselet (*Mémoire* cité à la page 505), d'admettre un second système calcareux correspondant à la partie supérieure des psammites du Condros et dont le type serait la *bande de Rhisne* qui longe le massif rhénan du Brabant. Dumont voyait, au contraire, dans cette bande les représentants d'une grande partie des systèmes qui composent le terrain dévonien, et je trouve que les motifs invoqués par M. Gosselet ne sont pas suffisants pour relever autant qu'il le fait le niveau géognostique de la bande de Rhisne. Le principal de ces motifs, c'est que l'on n'avait pas encore trouvé, dans cette bande, le *Strigocephalus Burtini* et la *Terebratula cuboïdes ;* mais cette circonstance négative me paraît fort atténuée par celle que, sur huit espèces de mollusques que M. Gosselet a recueillies dans la bande de Rhisne, il y en a six qui existent dans les calcaires de Givet et de Frasne, c'est à dire dans des systèmes inférieurs aux schistes de Famenne au dessus duquel on veut placer la bande de Rhisne. Elle l'est encore davantage par les nouvelles observations de M. Dewalque (*Bull. de l'Académie de Belgique*, 1862, t. XII, p. 150) qui a trouvé dans le calcaire de la vallée de l'Ornoz une coupe de coquille bivalve que sa grande taille et son épaisseur ne lui permettent pas, dit-il, de rapporter à autre chose qu'au *Strigocephalus Burtini*. M. Dewalque a en outre découvert dans ce calcaire des gastéropodes qu'il rapporte à la *Murchisonia bilineata*, autre fossile caractéristique du calcaire de Givet.

D'un autre côté, M. Gosselet, sentant que la présence du poudingue de Burnot dans la bande de Rhisne contrarierait son hypothèse, conteste le rapprochement que nous avions fait, Dumont et moi, des poudingues du Mazy et d'Horrues avec celui de Burnot, et il s'appuie sur ce que le poudingue de la vallée de l'Ornoz est intercalé entre du calcaire et qu'il y a trouvé un spirifer à petites côtes.

Quant aux intercalations de portions d'un système dans un autre système d'âge différent, je ferai remarquer qu'elles sont très communes dans les contrées dont le sol a été disloqué ; mais, d'après les nouvelles observations de M. Dewalque on n'a pas besoin de recourir à ces phénomènes pour justifier l'opinion qui admet l'existence, sur les bords de l'Ornoz, de poudingue ayant la même position que celui de Burnot, car il y en a vu qui sont en dessous de tous les calcaires.

Pour ce qui est du spirifer trouvé par M. Gosselet dans la roche qu'il rapporte au poudingue du Burnot, il serait tout à fait sans valeur si cette roche, ainsi que M. Dewalque est porté à le

Le système du *calcaire de Frasne* est principalement composé de schistes grisâtres renfermant des noyaux, des amas et des bancs de calcaire. Celui-ci domine dans la partie supérieure, mais il est loin d'être aussi développé que celui de Givet et souvent il ne se présente que sous la forme d'amas lenticulaires au milieu des schistes, amas que L. de Buch comparaît à des récifs de polypier. Ce calcaire ressemble à celui de Givet, mais il paraît que les marbres y sont plus fréquents, surtout les marbres rouges et gris comme celui de Saint-Remy près de Rochefort. Nous y rapportons aussi le marbre noir de Golzinne et le calcaire à chaux hydraulique de Rhisne (1).

Les *schistes de Famenne* sont ordinairement d'un gris passant au brunâtre, au verdâtre et plus rarement au rougeâtre. Ils se divisent en petits fragments, minces à la vérité, mais dans lesquels il n'y a plus de clivage et que l'on peut considérer comme terminés, dans le sens de leur épaisseur, par des lignes droites. Il y a quelquefois dans ces schistes des amas ou des rognons de calcaire. Les fossiles y sont peu abondants et se composent d'espèces qui, en général, se trouvent dans le calcaire de Frasne.

Les *psammites du Condros* sont communément d'un jaunâtre passant au brunâtre, à texture souvent schistoïde, mais quelquefois assez massive pour donner de belles pierres d'appareil, des meules à aiguiser, des dalles, etc. Ils ont souvent de la tendance à se diviser en fragments rhomboédriques, d'autres fois ils sont très friables et même à l'état arénacé. Ils renferment presque toujours des paillettes de mica. Ils passent si fréquemment au schiste qu'il est presque impossible de les en séparer : aussi dans beaucoup de localités ces deux roches et leurs intermédiaires

croire, n'appartient pas à ce système, mais lors même quelle y appartiendrait, je dirais qu'un échantillon unique, trop mal conservé pour que l'on ait pu déterminer l'espèce, ne donne pas le droit de contester une opinion fondée sur d'autres considérations.

Je suis loin de prétendre qu'il n'ait pu se former des poudingues dans tous les temps, mais quand on voit que, partout où le terrain dévonien d'entre l'Escaut et la Roer est bien développé, il n'y a de poudingue qu'au niveau du système de Burnot, ce n'est pas d'après des considérations aussi douteuses que celles invoquées par M. Gosselet que l'on peut admettre l'existence d'une seconde formation de poudingue.

Je ferai remarquer aussi que pour admettre l'existence d'un groupe particulier, on ne doit pas prendre ses types sur les bords d'un bassin, où les dépôts sont pour ainsi dire atrophiés, mais dans les parties où ces dépôts sont bien développés. Or, dans le Condros où le terrain dévonien est très puissant, il ne contient pas de calcaire dans sa partie supérieure. Il y a à la vérité du calcaire au dessus du psammite, mais ce calcaire, qui a une faune toute différente de celui de la bande de Rhisne, appartient au terrain houiller. Il est vrai aussi que la partie inférieure de ce calcaire alterne avec des schistes qui se lient avec les psammites, mais ces schistes doivent aussi être considérés comme une dépendance de terrain houiller, groupe dans lequel quelques auteurs ont rangé tout le système des psammites du Condros.

(1) Voir la note précédente.

sont-elles confondues sous les noms d'*agaize*, d'*agoche*, d'*agaske*. Les schistes qui accompagnent les psammites se désagrégent facilement par les influences météoriques et se transforment en une argile collante. Les psammites que l'on observe dans le fond des vallées sont généralement plus tenaces et plus souvent verdâtres ou bleuâtres que ceux des plateaux, ce qui porte à considérer la couleur jaunâtre et la friabilité de ces derniers comme le résultat d'une altération. La couleur rouge est plus rare dans ce système que dans celui du poudingue de Burnot mais elle ne lui est point étrangère, on y trouve notamment des couches d'oligiste brun rougeâtre à texture oolitique, qui devient d'un rouge violâtre par l'exposition à l'air et que l'on exploite au nord de Namur sous le nom de *mine rouge*. Ce minerai donne un fer tendre et cassant lorsqu'on l'emploie seul, mais on est parvenu à en tirer parti en le mêlant avec de la limonite ou *mine jaune*, aussi en extrait-on maintenant une immense quantité.

Les fossiles sont rares dans les psammites du Condros, voici ceux que M. Gosselet signale comme les plus communs : *Cucullæa Hardingii*, *Terebratula concentrica*, *T. Boloniensis*, *Spirifer Verneuili*, *S. Archiaci*, *Orthis Eifenliensis*, *Productus subaculeatus*.

L'ensemble du terrain dévonien d'entre l'Escaut et la Roer est fréquemment traversé par des **filons,** mais comme ces filons pénètrent aussi dans le terrain houiller qui est emboîté dans le terrain dévonien, nous en parlerons dans la section suivante.

Le massif dévonien de l'Eifel, comme nous l'avons déjà indiqué, n'atteint le territoire belge que par une petite pointe qui s'avance dans le terrain rhénan de l'Ardenne et il n'y présente que les roches schisteuses de l'étage inférieur.

4e *Section*. — Terrain houiller.

Étendue et division. — Le terrain houiller forme en Belgique un grand massif ou plutôt un réseau de bassins de grandeurs inégales qui remplissent les dépressions résultant du plissement du terrain dévonien d'entre l'Escaut et la Roer et qui se prolongent également sur les territoires français et prussien.

On peut y distinguer, comme dans le terrain houiller de la Grande-Bretagne, trois étages qui, de même que le terrain dévonien sur lequel ils reposent en stratification concordante, sont plissés de manière à former des voûtes et des bassins tout aussi disloqués que ceux du terrain dévonien.

L'étage inférieur, qui est beaucoup plus étendu que les deux autres, est, comme en Angleterre, presqu'entièrement composé de roches calcareuses qui renferment beaucoup de fossiles, que l'on considère maintenant comme formant plusieurs faunes distinctes, parmi lesquelles nous citerons celles respectivement observées dans les *calcaires* exploités à *Tournay*, à *Dinant* et à *Visé* (1).

Ces calcaires considérés dans leur ensemble ressemblent à celui de Givet et nous ne pourrions signaler d'autres différences générales que celle des faunes. Il est à remarquer, cependant, que les couches du calcaire de Tournay qui se trouvent dans la partie nord-ouest du massif ayant souvent conservé la position à peu près horizontale, on peut y extraire des pierres de taille de très grandes dimensions, telles sont celles des carrières de Soignies et des Écaussines qui contribuent si fortement à la beauté des édifices de Bruxelles. Ce sont les variétés à texture grenue ou lamellaire qui sont les plus solides, les variétés compactes étant sujettes à se fendre lorsquelles sont exposées aux influences météoriques. Ce calcaire donne aussi de très bonnes chaux, soit grasses, soit hydrauliques, parmi ces dernières celle de Tournay jouit d'une grande réputation. Il y a aussi de ces calcaires qui sont susceptibles d'être employés comme marbre, tel est le marbre noir de Dinant et celui dit petit granit qui présente un fond noir parsemé de points blancs cristallins formés par des crinoïdes.

Le calcaire de Visé est moins développé que celui de Tournay, ses assises les plus supérieures, qui sont quelquefois d'un gris de fumée passant au blanchâtre, rappellent souvent le *marbre Napoléon* de Boulogne. Il y en a même de blanches qui sont employées dans les verreries, notamment à Mont-sur-Marchienne.

(1) Je n'avais point indiqué ces distinctions dans mes premières éditions, d'abord parce qu'elles n'avaient pas encore été signalées et ensuite parce que l'on n'était pas d'accord sur la position relative de celles qui avaient été distinguées dans le principe. En effet, M. de Koninck, qui le premier a fait connaître la différence qui existe entre la faune de Visé et celle de Tournay, croyait originairement que celle-ci était plus nouvelle que celle-là, tandis que Dumont considérait les couches de Tournay comme les plus anciennes. Plus tard (voir la traduction d'un mémoire de M. Davidson sur les brachiopodes, imprimé dans les *Mémoires de la Société des Sciences de Liége*, 1859, t. XIV), M. de Koninck a modifié son opinion en admettant que les deux systèmes sont parallèles. En 1860, M. Gosselet, dans le mémoire cité ci-dessus, a démontré que la faune de Visé est constamment plus nouvelle que celle de Tournay, et il a cru pouvoir caractériser celle-ci par la présence du *Spirifer mosquensis* et l'autre par la présence du *Productus giganteus*. Enfin, M. Dupont, dans une notice qui n'est pas encore publiée, mais qui sera probablement insérée dans le *Bulletin de l'Académie de Belgique*, distingue, outre les faunes de Tournay et de Visé, quatre autres faunes dont la plus remarquable est celle du *calcaire de Dinant*, caractérisée par la présence des *Spirifer striatus* et *cuspidatus* et dans laquelle l'auteur a recueilli 490 espèces, dont 257 ne sont pas encore déterminées spécifiquement et dont l'ensemble forme une intermédiaire entre les faunes de Tournay et de Visé.

Le carbonate magnésique se mêle souvent avec le carbonate calcique et les roches de cet étage passent ainsi à la dolomie, celle-ci présente une grande variation de cohérence, elle est quelquefois assez tenace pour faire de bons pavés, d'autres fois elle est à l'état arénacé, on l'emploie alors pour l'amendement des terres, d'où lui vient le nom de *môle* (corruption du mot marne) que porte la dolomie dans les environs de Namur où cette substance forme des rochers remarquables par leurs formes bizarres et leur couleur noirâtre.

L'argile se mêle aussi avec ces roches calcareuses qui passent quelquefois au calschiste, d'autres fois elles renferment de la silice qui est rarement mélangée avec la masse, mais qui forme plus souvent des rognons ou des petits bancs de phtanite dans les couches calcareuses.

L'anthracite est non seulement le principe colorant de ces dernières, mais elle y devient quelquefois si abondante que des bancs de calcaire ont été pris pour du combustible, on en a aussi trouvé en rognons dans le calcaire, et elle forme parfois de petites couches intercalées dans la partie supérieure de l'étage. Il y a notamment deux couches de cette nature exploitées à Saint-Marc près de Namur.

Les dépôts que nous considérons comme formant l'**étage moyen** du terrain houiller de Belgique sont peu développés et d'une nature variable. Le plus remarquable de ces dépôts, sous le rapport économique, est l'*ampélite* qui est exploitée pour fabriquer de l'alun dans les environs de Liége, notamment à *Chokier*. Cette roche, de couleur noire, à texture schistoïde, s'altère facilement par les influences météoriques, renferme de la sperkise, de petits cristaux de gypse ainsi que des concrétions, des enduits et des veines de couperose et d'alun de plume.

L'ampélite passe au phtanite, au schiste et au quartzite, roches qui la remplacent souvent dans la composition de cet étage. Les phtanites sont très bien prononcés et assez développés dans les environs de Mons et de Namur. Ils ont généralement la texture schistoïde; leur couleur est le noir, mais ils passent fréquemment à des schistes blanchâtres, jaunâtres ou rougeâtres.

Indépendamment de ces phtanites, dont la position géognostique est bien déterminée, on en voit beaucoup d'autres dont les relations ne sont pas aussi claires, soit parce qu'ils se trouvent épars dans les dépôts meubles superficiels, soit parce qu'ils accompagnent les dépôts de limonite dont nous parlerons tout à l'heure. Il est à remarquer que nous n'employons ici le nom de phtanite qu'à défaut d'un nom collectif, car les matières que nous voulons désigner présentent une grande quantité de modifications qui passent de l'une à l'autre et auxquelles on peut

appliquer respectivement les dénominations de phtanite, de jaspe gris, de jaspe rougeâtre, de silex corné, de meulière, de pyromaque, de quartz, de quartzite, de grès, de psammite et qui passent aussi à la limonite, à l'oligiste et au schiste (1). Ils présentent quelquefois des géodes tapissées de cristaux de quartz blanc ou limpide; d'autres fois ils sont presque entièrement composés de tiges de crinoïdes, et alors ils ont une texture très celluleuse, parce que l'intérieur de ces tiges forme une espèce de tube traversé par un axe mince auquel sont attachées des rouelles qui laissent entre elles des espaces vides rappelant les cellules des meulières.

L'**étage supérieur**, qui est le terrain houiller proprement dit, est remarquable par ses couches de *houille* que l'on peut considérer comme les plus riches du continent européen et qui sont accompagnées de schistes et de psammites. Il forme une série de bassins plus ou moins développés qui s'étendent des environs de Valenciennes à ceux d'Aix-la-Chapelle et qui sont recouverts par du terrain crétacé vers leurs extrémités, surtout vers l'extrémité occidentale. Les principaux groupes d'exploitation de cette série sont dans les environs de Mons, de Charleroi et *de Liége*. Il existe aussi quelques petits bassins latéraux au sud de la bande principale, mais ils sont insignifiants sous le rapport économique. Les exploitations des environs de Mons sont les plus étendues et les plus riches, mais il paraît que c'est dans les environs de Liége que cet étage présente le plus d'épaisseur et le plus grand nombre de couches combustibles, car Dumont en comptait 85.

L'épaisseur de ces couches est très variable; on en cite de plus de deux mètres et d'autres fois elles ne consistent qu'en de simples indices. La houille qui les compose est généralement schistoïde, mais sa texture présente beaucoup de variations, il y en a qui est presque compacte, une autre dont les feuillets sont si minces qu'elle ressemble à de l'oligiste laminaire; quelquefois elle est terreuse et pulvérulente. Elle est souvent d'un noir assez foncé, souvent éclatante, ayant même le brillant métallique; ses qualités comme combustible sont aussi très variables, et on trouve des intermédiaires depuis les houilles les plus grasses jusqu'aux houilles les plus sèches. Les premières s'enflamment avec facilité, brûlent avec rapidité et ne laissent presque aucun résidu; il y a notamment à Liége des houilles tellement grasses qu'on ne peut les employer au chauffage domestique dans leur état naturel, attendu qu'elles

(1) Toutes ces matières sont désignées dans la province de Namur par la dénomination univoque de *clavia*, qu'il serait à désirer de voir introduite dans la science. J'emploie souvent ici le nom de *phtanite* dans le même sens, plutôt que comme se rapportant exclusivement à la substance à laquelle Haüy a donné ce nom.

éprouvent un renflement trop considérable; aussi est-on obligé de les pétrir avec de l'argile pour en faire des boulets qui brûlent avec moins de rapidité. Une autre houille grasse à longue flamme que l'on extrait au Flénu près de Mons est extrêmement recherchée pour la préparation du gaz d'éclairage. Les houilles sèches s'allument avec difficulté, et brûlent avec lenteur. Cette propriété est quelquefois due à ce que ce combustible se rapproche de l'anthracite, mais le plus souvent elle résulte d'un mélange d'argile ferrugineuse en quantité plus ou moins considérable. Ces dernières variétés, que l'on appelle *houille maigre*, *terre-houille* ou *téroule*, sont avantageuses pour le chauffage des classes peu aisées, à cause de la lenteur de leur combustion. Elles se trouvent en général dans les assises les plus inférieures.

On trouve quelquefois, au milieu des houilles grasses, des feuillets d'anthracite qui se distinguent de la masse principale, parce qu'ils ne brûlent pas lorsqu'ils sont exposés à un feu ordinaire. D'autres fois la houille passe à la substance que l'on a nommée houille daloïde, c'est à dire à une matière ressemblant à du charbon de bois qui se présente quelquefois en fragments liés intimement avec la houille ordinaire, dans laquelle ils sont enfermés, et qui font entendre le même cri que le charbon de bois, lorsqu'on veut le rayer dans un sens contraire à la direction des fibres; d'autres fois cette matière forme des enduits friables qui recouvrent l'extérieur des couches de houille.

Les schistes de cet étage sont ordinairement grisâtres ou brunâtres et deviennent quelquefois tout à fait noirs; cette dernière couleur se trouve principalement dans le voisinage des couches de houille et se perd par l'action du feu, ce qui annonce qu'elle est due à une matière charbonneuse. La dureté de ces schistes est très variable, car d'un côté ils passent à l'argile et de l'autre au phtanite; ils ont une grande tendance à se décomposer par les influences météoriques. Il y en a qui passent à des couches compactes où l'on ne distingue pas la texture schistoïde. D'autres passent au sidérose qui se présente ordinairement sous la forme de rognons ou de blocs ovoïdes engagés dans le schiste, quelquefois dans la houille; lorsque ces rognons ont été exposés quelque temps aux influences météoriques, ils se divisent en feuillets concentriques. D'autres fois le sidérose forme des couches au milieu du schiste et alors il est très difficile de le distinguer de celui-ci à la vue simple. On a employé ce minéral dans les environs de Liége pour la préparation du fer.

Les psammites sont ordinairement grisâtres et passent au brunâtre, au noirâtre, au rougeâtre et au bleuâtre. Ils renferment communément

de petites paillettes de mica. Ils ont souvent la texture schistoïde et passent au schiste, quelquefois au grès, au quartzite, au phtanite, au poudingue à petits grains; on en voit qui contiennent des fragments de houille; on peut citer à cette occasion un psammite gris, passant au grès blanc, que l'on exploite près de la citadelle de Namur et dans lequel on voit beaucoup de fragments de houille qui semblent provenir de débris de végétaux. Ces roches sont employées à faire des pavés, des meules à aiguiser, des moellons, etc.

Parmi les autres minéraux particuliers qui se rencontrent dans cet étage nous citerons les pyrites, surtout la sperkise, dont les rognons détériorent fortement la qualité des houilles sèches; le quartz, qui forme des veines ou des cristaux dans les psammites; le calcaire, qui se trouve quelquefois en noyaux cristallins ou en infiltration dans la houille; la pholérite, qui a été observée en petites veines dans les schistes et les psammites des environs de Liége.

Filons et amas couchés. — Le massif formé par les dépôts dévoniens et houillers d'entre l'Escaut et la Roer est traversé par des filons dont quelques-uns sont cristallins et métallifères, mais dont les plus communs sont fragmentaires ou meubles. Ces deux catégories de filons passent de l'une à l'autre, de manière qu'il est très difficile de tirer une ligne de démarcation, et l'on remarque quelquefois que des filons, fragmentaires dans leurs parties supérieures, deviennent cristallins en s'enfonçant. Ces filons passent aussi à des amas ou poches remplies qui communiquent entre eux par des couloirs étroits et qui se terminent au jour par des dépôts en forme de nappes ou de bassins quelquefois stratifiés, qui remplissent les dépressions du sol.

Les substances métalliques des filons cristallins sont des sulfures tels que de la sperkise, de la marcassite, de la galène, de la blende qui ont pour gangue du quartz, du calcaire, de la barytine, de la fluorine, et qui sont accompagnés, lorsqu'ils s'approchent des dépôts à l'état fragmentaire, de calamines, de cérusite et surtout de limonite.

La galène a été exploitée dans beaucoup de lieux, notamment à Védrin près de Namur, à la Rochette près de Liége, dans les environs de Philippeville, à Sirault dans le Hainaut; elle l'est encore à Bleyberg sur les confins de la province de Liége près d'Aix-la-Chapelle. Ce dernier gîte a cela de remarquable qu'il est dans l'étage moyen du terrain houiller, tandis que les filons métallifères ne pénètrent pas ordinairement dans cet étage. On trouve aussi dans les exploitations de calamines et de limonite de la galène qui est ordinairement livrée en nature aux potiers.

Il y a près de Visé, dans le calcaire ordinaire, un petit filon de calcaire cristallin qui renferme de petits cristaux ou de petits grains de chalkopyrite, de malachite et d'azurite.

La sperkise est exploitée dans divers lieux, notamment dans les environs de Namur, pour fabriquer de la couperose, de l'acide sulfurique et d'autres produits chimiques.

Les minerais de zinc que nous venons d'indiquer sous le nom de calamines et qui se composent de smithsonite, de kiezelzinc et de willemite, sont abondants, et ils alimentent plusieurs exploitations importantes, tant sur les bords de la Meuse que sur les confins des territoires belge et prussien, où se trouve, entre autres, le dépôt de l'Altberg (vieille montagne), près d'Aix-la-Chapelle, l'un des plus riches que l'on connaisse. Il remplit une immense poche située entre le psammite du Condros et la dolomie. Il rentre en quelque manière dans la catégorie des filons fragmentaires ou meubles, car le minerai métallique y est comme enfoui dans de l'argile rougeâtre. On emploie ces minerais, soit pour en retirer du zinc, soit pour préparer directement du laiton en le traitant avec du cuivre.

Le plus abondant des minerais de ces contrées, celui qui se trouve dans presque tous les filons, ainsi que dans les poches et dans les bassins qui les surmontent, celui qui est le plus important par le nombre d'établissements qu'il alimente et par la valeur des produits qu'il donne, c'est la limonite. Ce minerai, que les mineurs nomment *mine jaune* par opposition à l'oligiste (p. 515), est souvent de couleur jaune brunâtre ou brune, quelquefois noirâtre. Sa cohérence varie depuis l'état terreux jusqu'à une grande ténacité. Les parties cohérentes se trouvent au milieu des parties terreuses sous des formes concrétionnées ou fragmentaires, et présentent souvent des géodes qui sont quelquefois tapissées de mamelons irisés et donnent de superbes échantillons de cabinet. Ce minerai fournit du fer d'excellente qualité.

La limonite est quelquefois accompagnée, surtout dans les parties inférieures des dépôts, par quelques-unes des substances métalliques que nous avons citées ci-dessus, ainsi que par des rognons d'halloysite et d'allophane, et par de petits nids de soufre; mais ses compagnons les plus fidèles, ceux qui forment souvent la masse principale des dépôts et qui se lient intimement avec la limonite par de nombreuses séries de nuances intermédiaires, sont les argiles, les sables et les phtanites.

Les argiles présentent diverses couleurs unies ou bigarrées, telles que le grisâtre, le jaunâtre, le rougeâtre, le brunâtre, le noirâtre. Elles ali-

mentent de nombreuses fabriques de poteries. L'argile grise d'Andenne est très recherchée pour la fabrication des pipes, elle passe quelquefois à une argile noirâtre fortement imprégnée de lignite et renfermant souvent des fragments de bois transformés en sperkise. Les argiles colorées en brun jaunâtre par la limonite sont les plus communes; il est même rare de trouver un massif calcaire qui n'en renferme pas quelques filons; elles passent quelquefois à l'ocre; et on en a exploité à Védrin pour servir à la peinture. On trouve aussi dans les environs de Namur une argile d'un blanc très pur, douce au toucher, que l'on emploie pour la fabrication de la porcelaine.

Les sables sont quelquefois très purs, alors ils sont d'un beau blanc et recherchés pour les verreries; d'autres fois ils sont colorés en jaune par l'hydrate ferrique, plus rarement en rouge par l'oxyde ferrique; souvent ils sont plus ou moins mélangés d'argile et de paillettes de mica.

Lorsque les dépôts de sable, d'argile et de limonite sont resserrés dans des espaces étroits, on n'y aperçoit pas de stratification, et si, par exemple, il s'agit d'un dépôt formé de sable et d'argile, ces deux matières ne sont pas disposées par assises, mais l'argile forme au milieu du sable des espèces de filons ramifiés qui s'étendent dans divers sens. D'autres fois ces dépôts sont remarquables par leur pureté, c'est à dire que l'on en trouvera qui seront formés exclusivement de sable blanc, de sable jaune, d'argile grise, d'argile brune. On n'y voit aucune trace de fossiles.

Lorsque ces dépôts deviennent plus développés et plus superficiels, ils présentent quelquefois une stratification distincte et composent de véritables bassins, souvent en forme de bateaux dont les bords sont parfois fortement relevés ou même renversés. Ces bassins donnent souvent lieu à des exploitations importantes soit de minerais de fer, soit de terre de pipes; tels sont pour ces derniers les principaux gîtes des environs d'Andenne, et pour les premiers ceux des environs de Philippeville où la limonite forme des couches alternant avec des couches d'argile et de sable.

Les rapports des phtanites avec ces dépôts sont plus difficiles à bien déterminer. Il n'y a nul doute que cette roche se présente fréquemment en couches dans les gîtes de limonite stratifiée et qu'elle se trouve en nombreux fragments enfouis dans les terres argileuses qui recouvrent les dépôts de sable et d'argile, mais il ne nous est pas démontré qu'elle soit intercalée dans ces matières; car dans le premier cas les couches pourraient bien ne servir que de support aux dépôts de limonite et repré-

senter l'étage moyen du terrain houiller, tandis que dans le second cas les fragments proviendraient également de cet étage, mais auraient été remaniés par des événements postérieurs et rejetés sur les dépôts sableux. Toutefois la circonstance que les fragments de phtanites se trouvent de préférence dans le voisinage des dépôts de sable, d'argile et de limonite, et celle qu'ils passent à des matières qui appartiennent évidemment à ces dépôts, nous portent à croire, ainsi que nous le dirons dans le chapitre suivant, qu'il y en a qui sont contemporains ou postérieurs à ces dépôts.

Afin de faire mieux concevoir la disposition générale des dépôts qui ont fait le sujet de ces deux sections, nous allons donner ici une idée de la **constitution géologique** de la partie **du Condros** comprise entre la petite bande rhénane qui longe la Meuse et le grand massif rhénan de l'Ardenne.

L'étage du poudingue de Burnot est très développé sur les deux bords de ce bassin, avec cette différence que, du côté de l'Ardenne, il s'élève à une assez grande altitude en présentant des pentes décharnées, tandis que de l'autre côté le sol forme un plateau beaucoup moins élevé, qui était, il y a quelques années, presque entièrement couvert de forêts, mais où l'on a opéré beaucoup de défrichements dans ces derniers temps. On voit ensuite paraître l'étage du calcaire de Givet, qui se montre très peu du côté du nord, et qui est au contraire très développé du côté du sud, où il s'élève aussi très haut. Il en est de même du schiste de l'étage suivant, qui donne naissance à la petite contrée de la Famenne, tandis qu'il est presque nul du côté du nord. Le psammite, qui lui succède, ne s'élève pas aussi haut, mais il forme des voûtes d'une altitude à peu près uniforme, qui composent des collines longitudinales dirigées du S.-O. au N.-E. Ces collines ont souvent leur sommet fracturé ou dénué de manière à présenter les tranches des couches au lieu d'une voûte, et, sur les bords des plateaux, l'extrémité de ces tranches est souvent recourbée en sens contraire, de manière à faire une espèce de crochet. On voit aussi, mais très rarement, le schiste de Famenne et même le calcaire inférieur paraître au milieu du plateau, et indiquer la ligne anticlinale. Ce cas se remarque, entre autres, à Mossée près de Ciney.

Dans l'espace intermédiaire entre ces voûtes psammitiques, s'étendent des dépôts de calcaire houiller qui forment quelquefois des bassins particuliers, mais qui, le plus souvent, ne sont que des digitations d'un bassin plus considérable; car, en suivant ces bandes, on voit que, par suite de l'abaissement des voûtes psammitiques, les bandes calcaires s'élargissent et se réunissent les unes aux autres. C'est ainsi, par exemple, que la coupe

passant par Ciney présente huit bandes houillères séparées par des voûtes dévoniennes, tandis qu'il n'y en a plus que deux dans la coupe parallèle passant par Dinant, qui cependant en est fort peu éloignée.

Ces bandes ou bassins de calcaire houiller supportent quelquefois de petits dépôts qui appartiennent à l'étage de l'ampélite de Chokier, et peut-être à celui de la houille de Liége. Toutefois le combustible y paraît très rarement et n'y consiste qu'en une ou deux couches minces de houille maigre qui ont, entre autres, été exploitées à Bois et à Bende. Les schistes noirs s'y montrent plus souvent et les phtanites plus fréquemment encore, mais, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, les rapports de ces derniers ne sont pas toujours aussi évidents que ceux des schistes, car, si la stratification régulière en bassin de quelques-uns de leurs dépôts fait évidemment reconnaître l'étage moyen du terrain houiller, la position des autres en fragments épars dans la partie superficielle des amas ou filons d'argile et de sable laisse beaucoup d'incertitudes.

Ces dépôts d'argile, de sable et de limonite, que nous considérons comme des têtes de filons, se trouvent de préférence vers le point de jonction des psammites et du calcaire, mais se propagent beaucoup plus dans ce dernier que dans le premier; car il arrive quelquefois qu'ils occupent presque tout l'emplacement de la bande calcaire, de manière que l'on dirait que c'est le calcaire qui joue le rôle de dyke ou de culot dans les masses argileuses ou sableuses.

La partie du Condros qui nous occupe est, comme la plupart des autres parties du globe, recouverte d'une pellicule meuble dont la partie superficielle est à l'état de terre végétale. Cette pellicule présente trois modifications principales : sur les collines psammitiques, elle est peu épaisse et se compose d'une terre jaunâtre sablonneuse; sur les bassins calcaires, elle se compose d'une terre argileuse d'une épaisseur très variable, ordinairement jaunâtre passant au brunâtre et au rougeâtre, qui, dans les parties tout à fait superficielles qui ont été amendées, ressemble à du limon, qui, d'autres fois, recèle une grande quantité de phtanite et qui, dès que l'on s'enfonce, prend tout à fait les caractères des argiles des filons. Enfin, dans les vallées transversales que nous avons déjà dit couper les collines et les dépressions longitudinales, c'est à dire les voûtes dévoniennes et les bassins houillers, le dépôt meuble présente les caractères des alluvions, et l'on y reconnaît le mélange des matières qui composent les deux autres modifications, ainsi que des fragments de roches cohérentes.

5e *Section.* — TERRAIN PERMIEN.

Les dépôts que nous considérons comme appartenant évidemment au terrain permien, tel que nous l'avons limité (p. 292), sont très peu développés sur le territoire belge et s'y trouvent dans deux contrées différentes : les uns formant une petite *bande* au voisinage *de la Semois* dans la province de Luxembourg, les autres ne consistent que dans une série de petits lambeaux qui s'étendent de Malmedy à Basse Bodeux en Ardenne, sur la frontière prussienne. Ces lambeaux sont entièrement entourés de terrain silurien et rhénan, sur lesquels ils reposent en stratification discordante; car, tandis que les roches de ces derniers groupes sont en couches fortement relevées, celles qui nous occupent ne présentent jamais une inclinaison de plus de 15 degrés. M. Lambert y distingue (1) deux étages : l'inférieur, qui est principalement développé dans les environs de Stavelot, est composé de schistes, de pséphites, de macigno, renfermant quelquefois des noyaux et des petits bancs de calcaire, souvent argileux, que l'on a exploités dans ces derniers temps pour faire de la chaux, matière très précieuse dans l'Ardenne qui, comme nous l'avons déjà indiqué, est presque entièrement dépourvue de calcaire. L'étage supérieur, qui a son principal développement aux environs de Malmédy, où il présente, le long de la Warge, des coupes de plus de 50 mètres, est principalement composé de poudingues passant au gompholite, au pséphite, au macigno, au psammite, c'est à dire que la pâte, dont la composition est souvent analogue au psammite, devient quelquefois calcarifère, d'autres fois semblable à celle des schistes, et que les noyaux, principalement formés de quartzite et de psammite, sont parfois de calcaire et de schiste. La grosseur de ces noyaux varie depuis celle d'un pois jusqu'à celle de la tête; ils sont rarement assez bien cimentés pour se fendre plutôt que de se détacher de la pâte.

Il n'est pas démontré que ces dépôts renferment des fossiles qui leurs soient propres. On en trouve cependant dans les noyaux calcareux du poudingue à Malmédy, mais ils appartiennent en général à des espèces qui se retrouvent dans les terrains dévoniens et rhénans de l'Eifel et de l'Ardenne. Nous sommes portés à considérer ces lambeaux comme appartenant à l'étage pénéen, mais Dumont et d'autres géologues les rapportent à l'étage triasique.

(1) *Annales des travaux publics de Belgique*, 1847.

La petite **bande permienne de la Semois** est une branche du grand massif des Vosges et du Palatinat qui se prolonge entre le massif primaire de l'Ardenne et le massif jurassique de la Lorraine. On la considère comme appartenant à l'étage triasique.

La partie inférieure se compose de cailloux roulés réunis quelquefois de manière à former des poudingues et des gompholites. Ces cailloux sont en général de même nature que les roches quartzeuses de l'Ardenne et ils sont colorés extérieurement en rouge par de l'oxyde ferrique, de même que les matières terreuses ou arénacées qui les entourent.

Au dessus de ce dépôt caillouteux se trouvent des psammites rougeâtres, souvent micacés et des marnes de diverses couleurs, telles que le rougeâtre, le brunâtre, le verdâtre, le bleuâtre, plus souvent bigarrées qu'unies, et renfermant quelques bancs de calcaire d'un blanc grisâtre ou jaunâtre passant à la dolomie.

6e *Section.* — TERRAIN JURASSIQUE.

Le terrain jurassique ne se voit aussi que dans une petite portion du territoire belge, portion qui est cependant plus étendue que celle occupée par le terrain permien et qui comprend tout ce qui est au sud d'une ligne tirée d'Arlon à Florenville.

Cette petite contrée fait partie de la demi ceinture jurassique qui embrasse le bassin de Paris, que nous avons dit, p. 281, être composée de dépôts sableux, argileux et calcareux, qui se lient intimement et dont le développement s'est fait dans un ordre géographique plutôt que chronologique. Il est résulté de cet état de choses que les divers systèmes que l'on a distingués dans ce massif, d'après les considérations minéralogiques, n'étant pas toujours en rapport avec l'ordre des superpositions, leur classement a donné lieu à de longues discussions et à beaucoup de variations. Cependant MM. Piette et Terquem ont reconnu, dans ces derniers temps (1), des zones chronologiques caractérisées par des fossiles spéciaux, ce qui leur a permis de déterminer avec exactitude la position relative des divers dépôts; mais, comme la même zone ne correspond pas toujours à la même nature de roches, nous avons cru que nous donnerions mieux l'idée de la contrée en continuant à prendre

(1) *Mémoire sur le lias inférieur dans la Meurthe, la Moselle, le grand duché de Luxembourg, la Belgique et les Ardennes*, par MM. O. Terquem et Ed. Piette. Ce beau travail a été communiqué à la société géologique de France le 7 février 1859, mais il n'est pas encore publié.

pour point de départ les systèmes minéralogiques admis par M. Dewalque (1), système que nous avons fait concorder avec les zones chronologiques en séparant la partie inférieure de la marne de Jamoigne et la partie supérieure du grès de Luxembourg sous les noms de marne d'Helmsingen et de calcaire sableux d'Orval ce qui nous donne les 12 systèmes suivants :

Grès de Martinsart . . . . Marne d'Helmsingen. . . .	Systèmes parallèles correspondant à la zone de l'*Ammonites planorbis*.
Marne de Jamoigne . . . . Grès de Luxembourg. . . .	Systèmes parallèles correspondant à la zone de l'*Ammonites angulatus*.
Marne de Strassen. . . . . Calcaire sableux d'Orval . .	Systèmes parallèles correspondant à la zone de l'*Ostrea arcuata*.
Grès de Virton . . . . . . Schiste d'Ethe . . . . . . Macigno d'Aubange	Zone de l'*Ostrea cymbium*.
Marne de Grandcour. . . . Oolite ferrugineuse de mont Saint Martin.	Zone de la *Belemnites compressus*.
Calcaire de Longwy	Zone de l'*Ammonites Levesquei*.

Le système du *grès de Martinsart* se compose d'une série de couches où dominent des grès souvent calcarifères et argileux passant au sable, au poudingue, à la marne. La partie inférieure, qui ne se prolonge à l'ouest que jusqu'à Muno, renferme des cailloux qui diffèrent de ceux que nous avons rangé dans le terrain triasique parce qu'ils sont principalement composés de quartz blanc et non de quartzite gris. Les fossiles y sont peu nombreux et mal conservés; M. Piette y a cependant reconnu l'*Avicula contorta* et quelques bancs renfermant des débris d'ossements de reptiles (2).

La partie supérieure qui correspond au dépôt que nous avons déjà cité sous le nom de *grès d'Aiglemont* (p. 283) est plus riche en fossiles

(1) Les travaux de M. Dewalque, faits en partie en collaboration avec M. Chapuis, ont été insérés dans les publications de l'Académie royale de Belgique de 1851 à 1857. Ils ont pour point de départ un mémoire publié en 1842 par Dumont qui, le premier, a établi de bonnes divisions dans le terrain jurassique de la Belgique.

(2) MM. Piette et Terquem considèrent ces assises comme étant en stratification discordante avec le lias, et en font un système particulier plus en rapport avec le trias qu'avec le lias. Tout en répétant que je mets peu d'importance à ce genre de discussion, je dirai que j'ai cru devoir continuer à suivre le classement de Dumont, de M. Dewalque et des géologues anglais, ces derniers plaçant leur *bone bed* dans le lias et non dans le trias.

et renferme, entre autres, beaucoup de cardinies et des limes, ainsi que la *Montlivaltia Haimei* et l'*Ammonites planorbis*.

A l'est de Martinsart les grès dont nous venons de parler passent à des *marnes* qui forment entre le trias et le massif jurassique une bordure qui remonte le long de la vallée de l'Alzette où se trouve le village *d'Helmsingen* près de Luxembourg que l'on a déjà cité comme type de ce système. Ces marnes, qui renferment des bancs calcareux, sont rougeâtres dans le bas et grisâtres dans le haut. Parmi le petit nombre de fossiles qu'elles contiennent on remarque l'*Ammonites planorbis* et la *Cardinia Deshayesea*.

Dans quelques localités, notamment *à Jamoigne*, d'autres *marnes* recouvrent celle d'Helmsingen ainsi que le grès du Martinsart et se lient intimement avec ces dépôts. Elles sont bleuâtres, renferment des bancs de calcaire compacte gris-bleuâtre ou gris de fumée et passent au macigno dans leur partie supérieure. Elles renferment beaucoup de fossiles parmi lesquels nous citerons l'*Ammonites angulatus* (1).

Parallèlement à la marne de Jamoigne se trouve un puissant dépôt de *grès* sur lequel est bâtie la forteresse *de Luxembourg* et qui s'étend jusqu'au delà d'Arlon. Ces grès forment souvent, surtout le long de l'Alzette, des escarpements, quelquefois en surplomb, traversés par des fissures perpendiculaires et d'un aspect très pittoresque. Ils sont ordinairement calcarifères, parfois ferrugineux et accompagnés de lits de sables et de bancs de calcaire. C'est principalement dans ces derniers que se trouvent les fossiles, parmi lesquels nous citerons l'*Ammonites angulatus*, la *Lima gigantea* et la *Montlivaltia Guettardi*.

Le grès de Luxembourg est recouvert dans certaines localités, notamment à *Strassen*, par des *marnes* bleuâtres, accompagnées de calcaire grisâtre passant au grès et dont on fait de la chaux hydraulique. Ce système renferme beaucoup de fossiles dont les plus caractéristiques sont : l'*Ostrea arcuata*, l'*Ammonites bisulcatus* et la *Belemnites brevis* (2).

La marne et le calcaire de Strassen sont quelquefois recouverts et souvent remplacés, à l'ouest d'Arlon, par le *calcaire sableux* qui a servi

(1) Le groupe de la marne de Jamoigne, tel qu'il avait été originairement établi par Dumont, comprenait tous les dépôts marneux de cette localité ; mais, d'après les observations postérieures de MM. Piette et Terquem, il faut en retrancher la partie inférieure qui appartient à la marne d'Helmsingen et la partie supérieure qui appartient à la marne de Strassen. Mais ces parties sont beaucoup moins développées à Jamoigne que la partie moyenne.

(2) Le système de la marne de Strassen, tel que je l'entends ici, est plus développé que ne l'admettait M. Dewalque, parce que ce géologue, voyant dans le calcaire sableux d'Orval la continuation du grès de Luxembourg, était naturellement conduit à voir de la marne de Jamoigne dans les marnes et les calcaires à *Ostrea Arcuata* qui se trouvent au dessous du calcaire sableux dans la partie occidentale du Luxembourg belge.

à construire l'ancien et vaste abbaye d'*Orval* (1). Ce calcaire, qui passe au grès, et à la marne, renferme un grand nombre de fossiles analogues à ceux de la marne de Strassen, sauf que les bélemnites y sont plus nombreuses et les huîtres plus rares.

M. Dewalque a donné le nom de *grès de Virton* à un nouveau système sableux qui se distingue des précédents par la présence de l'*Ostrea Cymbium* et que nous avons déjà cité sous le nom de calcaire sableux de Sapogne et de Saint-Laurent (p. 283). Ce système a une composition très variée, les sables étant plus ou moins calcarifères et passant au grès, au calcaire sableux et à la marne sableuse. Les grès, ordinairement jaunâtres, deviennent quelquefois bleuâtres d'autres fois ils sont très ferrugineux et passent à une véritable limonite brune.

Le *schiste d'Ethe* de M. Dewalque est un système peu puissant principalement composé de schiste gris, passant à de l'argile et à des marnes bleuâtres. Il renferme des noyaux ovoïdes de siderose argileux qui se transforme en limonite. La marne est exploitée pour l'amendement des terres.

Le *Macigno d'Aubange* est quelquefois assez cohérent pour être employé à empierrer les routes; il passe au schiste et au calcaire, ce dernier devient ferrugineux.

La *marne de Grandcour*, est de couleur grisâtre, bleuâtre ou rougeâtre, passe quelquefois au schiste et renferme des rognons géodiques de calcaire compacte gris de fumée, des cristaux de gypse, etc. On l'emploie à Grandcour pour faire des poteries et des tuiles. On l'a traitée à Aubange pour en retirer du bitume. C'est la continuation du système que nous avons déjà cité (p. 283) comme exploité à Flize sur le territoire français.

L'*Oolite ferrugineuse du mont Saint-Martin* n'atteint presque pas le territoire belge; c'est le même système que nous avons dit (p. 288) être exploité à Hayange comme minerai de fer.

Ces onze systèmes, que nous considérons comme appartenant à l'étage liasique (2), sont surmontés par le *calcaire de Longwy* qui fait partie du

(1) Il aurait peut-être mieux valu indiquer, comme type de ce système, le village de *Chassepierre*, qui a fourni à MM. Piette et Terquem une grande quantité de fossiles, ou le bourg de Florenville, qui avait été cité par Boblaye. J'ai cru pouvoir reproduire le nom d'*Orval*, parce que je m'en étais servi dans mes premières éditions.

(2) J'avais, dans mes éditions antérieures, rangé, ainsi que les autres géologues belges, l'oolite ferrugineuse du mont Saint-Martin dans l'étage bathonien, et on verra par la liste rédigée par M. Chapuis et imprimée à la suite de ce livre que, sur 20 espèces de fossiles, il y en a 11 bathoniennes et seulement 4 liasiques. Mais les géologues belges n'ayant étudié ce système que dans une seule localité, j'ai cru devoir adopter l'opinion des géologues lorrains et champenois qui l'ont étudié sur une vaste étendue. Au surplus, je ne puis que répéter ce que j'ai déjà dit plusieurs fois sur le peu d'importance du classement des systèmes intermédiaires entre deux divisions.

grand massif d'oolite bathonienne que nous avons indiqué, p. 282, comme très développé en Lorraine et en Bourgogne. Quoique ce système ne fasse, de même que le précédent, qu'effleurer le territoire belge, il y présente à Ruette quelques filons ou amas de limonite concrétionnée analogue à celle qui donne de si bon fer dans le département de la Moselle (1).

8e *Section*. — TERRAIN CRÉTACÉ.

Caractères généraux. — Les dépôts crétacés ne sont pas très puissants en Belgique, mais leur épaisseur y est très variable; car, tandis qu'ils n'y forment, le plus souvent, qu'une assise assez mince, M. Toilliez (2) cite un point, près de Mons, où ils atteignent une épaisseur de 355 mètres. Ils reposent immédiatement, en stratification discordante, sur les terrains primaires, en commençant souvent par des roches fragmentaires, conglomérées ou meubles, qui participent plus ou moins de la nature du sol inférieur, ainsi que cela se remarque fréquemment quand deux terrains, éloignés dans la série, sont en contact. D'un autre côté, ils sont généralement recouverts par des dépôts tertiaires ou quaternaires. Ils présentent plusieurs systèmes dans lesquels Dumont, guidé par des considérations minéralogiques et stratigraphiques, voyait la série complète du terrain crétacé, mais d'après les considérations paléontologiques, on est d'avis maintenant que l'étage inférieur n'y est point représenté.

Situation et division en massifs. — Les dépôts crétacés de la Belgique appartiennent à deux massifs distincts. Les uns sont des dépendances du bassin crétacé de Paris (p. 260) qui s'avancent sur les terrains primaires du Hainaut, vers Mons et Tournay; les autres forment, aux environs de Maestricht, un massif particulier qui s'étend de la Gette à la Worm. Il y a en outre quelques lambeaux crétacés en dehors du massif de Maestricht, notamment à Grez, en Brabant, à Lonzée, près de Gembloux, et entre Spa et Francorchamps.

Les **dépôts crétacés du Hainaut** que les mineurs nomment *morts-terrains*, parce qu'ils n'y rencontrent jamais de charbon, commen-

(1) Il existe aussi dans la petite contrée qui nous occupe, notamment à Dampicourt, à Musson, à Rodange, des minerais de fer que l'on a souvent confondus avec ceux dont il vient d'être question, mais qui en diffèrent au moins parce qu'ils ont subi un remaniement postérieur. Ils consistent dans des amas de limonite en fragments arrondis, enfouis dans des dépôts superficiels d'argiles et de sables.

(2) *Notice sur les carrières du Hainaut*. Mons, 1858, p. 15.

cent, selon M. Toilliez (1), par une assise ou plutôt par une série d'amas de matières argileuses et sableuses. L'*argile*, qui est ordinairement grise ou verdâtre, est, entre autres, exploitée *à Hautrage* pour faire des poteries et des briques réfractaires. Les sables sont nommés *torrent* par les mineurs *d'Anzin*, parce qu'il s'en échappe beaucoup d'eau, ce qui les rend très difficiles à traverser lorsque l'on y perce des puits. Ils sont ordinairement à gros grains, de couleur jaunâtre, quelquefois rougeâtre ou noirâtre, et renferment des fragments de lignite ainsi que de limonite (2).

L'argile d'Hautrage et le torrent sont surmontés par une assise composée de roches grésiformes ou poudingiformes. Les premières, qui sont nommées *meule* par les mineurs *de Bernissart*, sont des macignos ou des grès calcarifères ordinairement de couleur grisâtre, dans lesquelles M. Toilliez a notamment observé les fossiles suivants : *Ammonites Rothomagensis*, *Nautilus elegans*, *Cardium hillanum*, *Pecten asper*, *Ostrea columba*. Les roches poudingiformes, nommées *Tourtia* par les mineurs *d'Anzin*, peuvent être rapportées à l'espèce gompholite et sont ordinairement composées d'un mélange de calcaire, de sable, d'argile, de limonite, de chlorite, enveloppant des noyaux de silex ou de phtanite, selon les lieux, et une grande quantité de fragments de coquilles.

Le tourtia est suivi par des marnes plus ou moins argileuses que les mineurs nomment *dièves* et *fortes toises*. Ces marnes sont ordinairement grisâtres, d'autres fois elles sont colorées en vert par de la chlorite, il y en a aussi de jaunâtres. On les exploite *à Blaregnies* pour faire des tuiles, des carreaux et des tuyaux de drainage. Parmi les nombreux fossiles qu'elles renferment, M. Toilliez cite : *Gastrochæna amphisbæna*, *Terebratula obesa*, *Terebratulina gracilis*, *Dentalium difforme*, *Belemnites planus*. La partie supérieure de cette assise présente une grande quantité de *silex*, nommés *rabots* dans le pays. Ils sont ordinairement d'un blanc grisâtre ou jaunâtre et forment plutôt des amas ou des bancs irréguliers que de simples rognons. On les exploite notamment près de Saint-Denis pour faire des pavés et quelquefois des meules pour les faïenceries. M. Toilliez a recueilli dans ces silex les fossiles suivants : *Gastrochæna amphisbæna*, *Spondylus spinosus*, *Inoceramus striatus*, *Ananchytes gibba*.

Ces divers systèmes sont surmontés par de la *craie blanche* que l'on

(1) *Notice* citée ci-dessus, p. 350.

(2) Dumont rangeait cette assise dans son système aachénien, c'est à dire qu'il la considérait comme synchronique avec les sables d'Aix-la-Chapelle dont il va être parlé, mais on croit maintenant que ces derniers appartiennent à l'étage crétacé supérieur, tandis que le torrent appartient à l'étage moyen.

exploite pour faire de la chaux et quelquefois, lorsqu'elle est assez friable, pour amender des terres, et plus rarement, lorsqu'elle est assez cohérente, pour servir de pierre à bâtir. Elle renferme des rognons de silex noirâtre dont on fait usage dans les faïenceries.

Enfin on trouve au dessus de la craie le petit dépôt de *Tuffeau de Ciply* dont nous avons déjà parlé, p. 262, et qui ressemble à celui de Maestricht dont il va être question.

Le **Massif de Maestricht** peut être considéré comme composé de quatre systèmes.

Le plus inférieur est principalement formé de *sables* qui ont une puissance de près de 100 mètres dans les collines des environs *d'Aix-la-Chapelle*, lesquelles atteignent la plus grande altitude du massif. Ces sables sont ordinairement jaunâtres, ils renferment des bancs de grès, des lits d'argile, des rognons de silex passant au grès et dans la partie inférieure des fragments de roches primaires. On y trouve des fossiles que l'on considère maintenant comme annonçant l'étage crétacé supérieur.

Les sables d'Aix-la-Chapelle sont surmontés par une assise, souvent mélangée de chlorite, et composée de sable, de marne, d'argile, de *smectite*, d'argilite, de psammite, de macigno, de gompholite. Ce système est principalement développé dans les environs *de Herve*, d'où Dumont l'appelait *système hervien.* M. Debey le désigne par la dénomination de *sables verts à gyrolithes (Gyrolithen Grünsand)*, du nom qu'il donne à un corps particulier en forme de baguettes contournées dont on n'a pas encore déterminé la nature. La smectite est exploitée pour servir de terre à foulon dans les fabriques de draps de Verviers.

On trouve ensuite une assise de *craie* blanche qui s'étend sur une grande partie du massif, notamment dans la *Hesbaye*, et qui est exploitée pour l'amendement des terres ainsi que pour la peinture. Elle renferme dans sa partie supérieure des silex noirs passant quelquefois au gris.

Il existe au Lousberg, près d'Aix-la-Chapelle, au dessus des sables verts, un petit lambeau de calcaire compacte, passant au grenu et au bréchiforme, souvent argileux, et contenant des silex bruns. Ce calcaire, qui se retrouve dans d'autres localités plus à l'ouest, notamment à Kunraad, paraît appartenir à la partie inférieure d'un système important, caractérisé par l'abondance du *tuffeau*, roche qui est très développée aux environs *de Maestricht*, où elle repose immédiatement sur la craie blanche. Ce tuffeau (1), qui est ordinairement de couleur jaunâtre,

(1) On ne doit pas perdre de vue que j'emploie le nom de tuffeau dans un sens minéralogique et non géognostique, ainsi qu'on a pu le voir à la page 143.

est employé comme pierre à bâtir, usage pour lequel sa friabilité le rend peu propre, mais il est très recherché pour l'amendement des terres : aussi y a-t-on creusé d'immenses carrières qui ressemblent à des villes souterraines. Il passe quelquefois à l'état arénacé et renferme des silex qui sont très abondants dans la partie inférieure où ils forment des rognons, des blocs et quelquefois de petits bancs de couleur plus ou moins foncée, mais qui deviennent rares dans la partie supérieure, où ils ont une couleur claire.

Ce dépôt est célèbre depuis longtemps par ses nombreux fossiles, et une tête gigantesque que l'on y avait découverte en 1770, époque où l'état de l'anatomie comparée ne permettait pas encore de faire des déterminations précises, a été le sujet de longues discussions parmi les naturalistes; on a reconnu depuis qu'elle appartenait à un énorme saurien, actuellement perdu, que l'on a nommé *Mosasaurus Hofmanni* (1).

Il y a dans le tuffeau de Maestricht beaucoup de cavités cylindriques ou puits naturels qui sont ordinairement remplies de matières meubles plus ou moins analogues aux dépôts quaternaires qui sont au dessus. Ces cavités, que l'on a décorées du nom d'*orgues géologiques*, se retrouvent dans presque tous les dépôts calcaires, mais elles sont rarement aussi bien prononcées et aussi régulières que celles de Maestricht.

Il existe à Folx-les-Caves, à l'extrémité occidentale du massif crétacé, un petit dépôt de tuffeau analogue à celui de Maestricht et qui présente aussi des carrières souterraines. La partie supérieure du dépôt consiste en une masse friable ou meuble renfermant des rognons ou des blocs de même nature, mais assez tenaces. On trouve ensuite du tuffeau plus homogène, et celui de la partie inférieure renferme des bancs d'une roche quartzeuse intermédiaire entre le grès et le silex corné que l'on exploite pour faire des pavés et des dalles (2).

Le petit lambeau de Grez, qui se rattache peut-être au massif de

(1) On a aussi cité des ossements de mammifères, notamment de cheval et de cochon, comme trouvés dans le tuffeau de Maestricht. Mais cette indication est le résultat d'une fraude des carriers, qui introduisaient des os modernes dans des fragments de tuffeau et les y fixaient avec de la gomme.

(2) Dumont avait rangé dans le terrain crétacé et avait désigné par la dénomination de *système heersien* des dépôts composés de craie, de calcaire argileux, de marne, de macigno, de sable, quelquefois mélangés de chlorite, qui s'observent, entre autres, dans les environs de Heers, province de Limbourg. Mais M. Hébert (*Bulletin de l'Académie royale de Bruxelles*, XX, 486) ayant trouvé, dans quelques-uns de ces dépôts, la *Pholadomya cuneata*, fossile des sables de Bracheux (p. 251), il paraît que l'on doit plutôt les classer dans le terrain éocène inférieur. Malheureusement la maladie et la mort de Dumont ne lui ont pas permis de s'expliquer à ce sujet. D'un autre côté, je n'ai point connu les motifs stratigraphiques qui portaient Dumont à ranger les sables, où M. Hébert a trouvé des fossiles tertiaires, dans le même système que la craie de Gelinden qui ressemble beaucoup plus aux dépôts crétacés de cette contrée qu'aux dépôts tertiaires.

Maestricht, n'est connu que par des puits d'où l'on extrait, pour faire de la chaux, une craie blanche passant à une marne bleuâtre contenant des gyrolithes. Ce dépôt doit être très mince, car un peu plus bas on voit paraître au jour le quartzite rhénan.

Le **lambeau de Lonzée,** qui a été reconnu dernièrement par M. Malaise, consiste dans une marne chloritée de couleur verte que l'on emploie comme matière colorante et dans laquelle M. Malaise a trouvé la *Belemnitella quadrata*, le *Pecten quadricostatus* et l'*Ostrea carantonensis*.

Le **lambeau entre Spa et Francorchamps** a cela de remarquable qu'il se trouve à une altitude de près de 600 mètres, tandis que les autres dépôts crétacés de la Belgique n'atteignent pas 300 mètres. On ne l'a connu pendant longtemps que par des silex jaunâtres épars sur le sol et dans lesquels M. Davreux avait observé l'*Echinocoris vulgaris*, mais M. Malaise vient d'y découvrir une petite couche de craie blanche contenant la *Belemnitella mucronata*.

9e *Section*. — Terrains tertiaires.

Étendue et caractères généraux. — Bruxelles est, comme Paris et Londres, au milieu d'un massif tertiaire qui fait partie de l'immense plaine du milieu de l'Europe, et qui n'est séparé du massif de Londres que par la pointe méridionale de la mer du Nord. Ce massif s'étend sur presque toute la partie de la Belgique située au nord-ouest de la Sambre et de la Meuse; il pousse quelques lambeaux sur les rives droites de ces deux cours d'eau, et d'autres lambeaux, qui se prolongent sur les dépôts crétacés de l'Artois et de la Picardie, le rattachent au massif de Paris. Nous avons déjà fait connaître que ces contrées présentent, en général, un sol uni et bas; on peut même dire qu'il n'existe pas de véritables collines au nord d'une ligne passant dans les environs de Cassel, d'Audenarde, d'Alost et de Diest, d'où il résulte que l'on ne peut y juger de la puissance des dépôts tertiaires; mais au sud de cette ligne, la présence, dans plusieurs localités, des terrains secondaires et primaires annonce que les dépôts tertiaires n'y ont pas une grande épaisseur. Ils sont d'ailleurs ordinairement recouverts par des dépôts quaternaires ou modernes.

Les dépôts tertiaires du massif de Bruxelles sont, comme ceux du massif de Londres, principalement composés de sables et d'argile; le calcaire y est beaucoup moins abondant que dans le bassin de Paris, et

ces roches passent à la marne, au grès, au macigno, au psammite, à l'argilite, au silex, au lignite, à la limonite. Elles forment plusieurs systèmes dont il est très difficile de déterminer la position relative, parce qu'ils se trouvent souvent placés de telle manière qu'ils sont indépendants les uns des autres, que plusieurs d'entre eux sont privés de fossiles, que les mêmes matières se répètent plusieurs fois, et enfin parce que les superpositions sont presque toujours cachées, soit par le développement de la culture, soit par la mobilité d'une grande partie de ces roches; aussi les incertitudes qui ont régné pendant longtemps sur leur classification ne sont-elles pas encore entièrement dissipées.

Nous considérons l'**étage éocène inférieur** comme renfermant les *systèmes* que Dumont désignait par les épithètes de *landénien* et d'*yprésien*, parce qu'ils sont respectivement développés aux environs de Landen en Hesbaye et d'Ypres en Flandre (1).

Ces dépôts, qui ont une composition très variée, commencent souvent par une assise très irrégulière de cailloux de silex, passant à des masses poudingiformes.

On trouve ensuite des roches ordinairement mélangées de chlorite qui peuvent être appelées, tantôt tuffeau, tantôt argilite, mais qui le plus souvent forment un intermédiaire entre ces deux espèces (2). On exploite le *tuffeau* notamment à *Lincent* près de Landen, comme pierre de construction, mais sa friabilité et son altérabilité à l'air le rendent peu propre à cet usage. On le recherche pour faire des fours à cause de la manière dont il résiste au feu, propriété qu'il doit sans doute à sa texture poreuse et aux matières étrangères associées au carbonate calcique.

Le tuffeau passe aussi au macigno, au psammite, au grès, plus souvent au sable, à la marne et à l'argile; ces diverses roches renferment quelquefois des lits de *lignites*, notamment dans les environs de *Landen*.

Ce système forme aussi, à l'ouest de Mons, un petit massif, où se trouvent entre autres les importantes carrières de *grès de Grandglise*. Cette roche est fortement bigarrée de blanchâtre, de jaunâtre et de bru-

(1) Il est probable, pour les motifs énoncés à la note de la page 533, que le *système heersien* de Dumont ou au moins une partie de ce système doit aussi être rangé dans la partie inférieure du terrain éocène. Il est probable également, ainsi que l'a déjà dit M. Lyell, que les sables à *Nummulites planulata*, qui forment la partie supérieure du système yprésien de Dumont, appartiennent à l'étage éocène moyen plutôt qu'à l'étage inférieur.

(2) Le tuffeau et l'argilite de cette contrée se ressemblent tellement par leurs caractères extérieurs que l'on ne peut souvent les distinguer que par la propriété de faire ou de ne pas faire effervescence dans les acides. Aussi dans mes premières publications n'avais-je fait mention que du tuffeau, parce que le hasard ne m'avait fait essayer que des échantillons contenant du carbonate calcique. C'est Dumont qui m'a fait connaître le premier que ce principe était étranger à une partie de ces roches.

nâtre ; on y voit la même assise passer successivement de l'état de sable à ceux de grès friable, de grès schistoïde, de grès propre à faire des pierres de taille, et enfin à une roche qui est aussi tenace, qui a le grain aussi fin que le quartzite et que l'on exploite pour faire des pavés.

Il existe un puissant dépôt d'*argile* dans les environs *d'Ypres*, lequel s'étend sur une grande partie de la Belgique orientale. Cette roche est ordinairement d'un brun jaunâtre bigarré de bleuâtre ; elle passe dans sa partie supérieure à des sables souvent chlorités et compose quelquefois des élévations coniques autour desquelles les dépots postérieurs de sable et de limon s'étendent en forme de manteau, de manière que le sommet argileux paraît au jour comme une tache.

Nous rapportons à l'**étage éocène moyen**, des dépôts sableux que Dumont désignait par les noms de *système panisélien*, *bruxellien* et *laekenien*, et dans lesquels on peut distinguer des psammites, des sables à grès fistuleux, des sables à rognons calcarifères et des sables à nummulites.

Les *psammites* se remarquent notamment *au mont Panisel*, près de Mons, et passent au sable, à l'argile, au macigno, à l'argilite. Ces roches, souvent mélangées de chlorite, sont quelquefois remarquables par la présence d'un grand nombre de pinnes et d'autres fossiles qui se retrouvent presque tous dans les systèmes suivants.

Les sables à grès fistuleux sont principalement développés vers les limites du *Brabant* et du Hainaut ; ils sont caractérisés par la présence de rognons et de blocs de grès, prenant quelquefois une texture presque compacte et un aspect lustré qui les rapproche des silex. Ces rognons ont une tendance particulière à prendre des formes allongées et fistuleuses, dont on est tenté d'attribuer l'origine à la présence d'un fragment de tige de végétal, autour duquel le sable se serait agglutiné, car ils se ramifient quelquefois, et quand on les brise, on voit ordinairement dans leur intérieur un tuyau qui est ou vide ou rempli par un noyau de même forme, qui se détache de la masse comme s'il représentait la tige d'un végétal qui aurait été remplacée par la matière pierreuse postérieurement à la formation de l'enveloppe, mais il est à remarquer qu'excepté cette forme rameuse, on ne voit dans ces rognons aucune trace d'organisation végétale.

Ces *sables* passent à d'autres, qui sont *calcarifères* et qui sont principalement développés aux environs *de Bruxelles*. Le calcaire s'y trouve soit mélangé dans le sable, soit à l'état de rognons, de blocs ou de bancs presque toujours mélangés de sable et passant du calcaire sableux au grès calcarifère. Ces matières sont ordinairement d'une couleur jau-

nâtre, passant au blanchâtre, quelquefois au grisâtre ; leur texture, fréquemment grossière, devient parfois grenue à grain fin et même compacte. Leur cohérence est très variable, l'extérieur des blocs étant en général friable et l'intérieur tenace. On en fait de bonnes pierres de construction, mais toujours minces à cause du peu d'épaisseur des masses. Les calcaires les plus purs servent aussi à faire de la chaux, mais de mauvaise qualité, et ceux à l'état meuble ou friable sont employés à l'amendement des terres. Ce système est très riche en fossiles qui, pour la plupart, se retrouvent dans le calcaire grossier inférieur de Paris. Il y a des localités, notamment à Aeltre, ainsi que dans les collines de Cassel et de Bailleul, où ce système n'est représenté que par des lits presque entièrement composés de débris de coquilles mélangées d'un peu de sable.

A Groenendael, au sud de Bruxelles, le sable est fortement imprégné d'hydrate ferrique et passe au grès ferrugineux et même à la limonite, laquelle est exploitée comme minerai de fer, de sorte que ce dépôt rappelle les sables à grès ferrugineux de Diest, dont nous parlerons ci-après, mais il renferme les mêmes fossiles que les sables calcarifères dont nous venons de nous occuper.

Ceux-ci sont quelquefois recouverts, notamment à *Laeken*, près de Bruxelles, par d'autres *sables*, parfois graveleux, qui sont principalement caractérisés par la présence de petites nummulites *(N. variolaria minor, N. planulata minor, N. Heberti)*. Ces sables étaient rapportés par Dumont à l'étage éocène supérieur, mais M. Hébert croit que cet étage manque en Belgique.

Nous considérons comme appartenant au **terrain miocène** les *sables* et les *marnes argileuses* des environs de *Tongres* et les *marnes argileuses de Boom* sur le Rupel que Dumont désignait par les dénominations de *systèmes tongrien* et *rupélien*.

Les plus inférieurs de ces dépôts sont principalement composés de *sables* à grains fins que l'on observe, entre autres, *à Vliermael*, Lethen, Grimmittingen et autres localités des environs de Tongres. Ces sables sont ordinairement colorés en verdâtre par de la chlorite et renferment beaucoup de fossiles dont les plus communs sont l'*Ostrea ventilabrum*, l'*O. queteletiana* et l'*Arca sulcicostata*.

Au dessus de ces sables viennent des *marnes* ordinairement verdâtres, quelquefois bleuâtres tachetées de jaunâtre, que l'on exploite notamment *à Henis* près de Tongres pour faire des tuiles et des briques. Les fossiles de ces marnes rappellent en général les animaux qui habitent les eaux saumâtres, et quelques-uns sont même des coquilles d'eau douce.

Les marnes verdâtres se lient dans leurs parties supérieures avec des assises plus ou moins puissantes de *sables* dans le nombre desquelles il y en a qui renferment une grande quantité de fossiles, notamment des pétoncles et des cérites : aussi De Luc avait-il déjà signalé, dans le siècle dernier, le gîte *de Klein Spauwen* comme une localité remarquable par l'abondance des coquilles que l'on y voit.

On trouve à *Berg* près de Klein Spauwen, au dessus de ces sables, une couche de *marne sableuse* contenant divers fossiles spéciaux, notamment la *Nucula lyelliana*.

On considère comme immédiatement supérieures à cette marne sableuse des *marnes argileuses* grises que l'on exploite sur les bords du Rupel, notamment à *Boom*, où elles alimentent une immense fabrication de briques, de tuiles et de carreaux. Elles ne contiennent qu'une très faible quantité de calcaire, elles sont de couleur grisâtre ou noirâtre ; on n'y aperçoit pas de véritable stratification, mais leur disposition horizontale est annoncée par de gros rognons ou des blocs aplatis de calcaire argileux gris, semblables à ce que les géologues anglais nomment *septaria*. On les exploite le long des petites pentes qui séparent la plaine des vallées où coulent les cours d'eau. La ressemblance minéralogique de ce dépôt avec l'argile de Londres l'a fait considérer pendant longtemps comme correspondant à cette dernière, mais les observations stratigraphiques de Dumont ainsi que les fossiles ont prouvé qu'il est beaucoup plus élevé dans la série.

Nous rapportons au **terrain pliocène** trois systèmes sableux que Dumont désignait par les épithètes de *boldérien*, *diestien* et *scaldisien* parce qu'ils se trouvent respectivement bien prononcés au Bolderberg près de Hasselt, à Diest et à Anvers (1).

Les *sables du Bolderberg* se composent dans leur partie inférieure d'une assise de sables chlorités et ensuite d'une assise de sable jaunâtre. Ils paraissent s'étendre sur toute la Campine, où ils sont en général recouverts par des sables mouvants et par du diluvion caillouteux.

Les *sables de Diest* forment, depuis Beringen en Campine jusqu'à Cassel dans la Flandre française, une série de lambeaux, très développés dans la partie orientale, où ils sont ordinairement recouverts par le sable

(1) Dans mon édition de 1853, j'avais rangé d'après Dumont et M. Lyell les sables du Bolderberg dans le terrain miocène, mais M. Nyst (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 1861, T. XII, p. 29, et communications postérieures) est d'avis qu'ils doivent être classés dans le terrain pliocène, attendu que plus de la moitié des fossiles observés au Bolderberg se retrouvent dans les sables noirs d'Anvers, tandis que l'on n'en a encore rencontré que deux dans les dépôts inférieurs

de Campine, mais qui, dans la partie occidentale, ne se trouvent que sur le sommet des collines plus ou moins isolées qui s'élèvent au dessus de la plaine. Ce système commence par des cailloux roulés de silex qui ne forment ordinairement qu'une assise très mince et souvent interrompue, en s'étendant sur une surface beaucoup plus développée que les sables. Ceux-ci sont en général colorés, soit en brun rougeâtre par de l'hydrate de fer, soit en vert sombre par du silicate de ce métal. On remarque souvent que les parties vertes forment des espèces de noyaux ou d'amandes au milieu des parties brunes. Ces sables renferment des bancs, des blocs, des rognons et des plaques de grès, tantôt chlorités, tantôt ferrugineux. Ceux-ci sont quelquefois tellement imprégnés d'hydrate ferrique qu'ils passent à la limonite et qu'on les exploite comme minerai de fer. Il y en a aussi, dans la partie inférieure, qui passent au poudingue, c'est à dire qui renferment des cailloux.

Les fossiles sont excessivement rares dans la plus grande partie de ces sables, il paraît même qu'il n'y en a pas dans les petits lambeaux qui s'étendent de Louvain à Cassel, mais Dumont en avait observé à Kesseloo près de Louvain qui toutefois sont presqu'indéterminables.

Les *sables d'Anvers*, que l'on appelle ordinairement *Crag* à cause de la ressemblance de leurs fossiles avec le crag du Suffolkshire (p. 252), sont remarquables par la variété et la richesse de leurs faunes, notamment par les nombreux ossements de cétacés qu'ils renferment. M. Nyst y distingue cinq divisions de la manière suivante (1) :

1° Des *sables noirs* que l'on observe, entres autres, à *Edeghem*, à Berchem, au fort Hérenthals. On y remarque un lit presqu'entièrement composé de pétoncles;

2° Des *sables gris mouvants* qui contiennent beaucoup de bryozoaires, encore indéterminés ainsi que quelques coquilles analogues à celles des sables noirs;

3° D'autres *sables gris* remplis de coquilles brisées pour la plupart indéterminables, et à la partie supérieure desquels on trouve beaucoup de *Pecten Gerardi;*

4° Des *sables argileux* qui s'observent entre autres à *Deurme*, et qui renferment beaucoup de coquilles bivalves, notamment des cyprines et des astartes dans la partie inférieure, et des peignes dans la partie supérieure. On trouve tout à fait au dessus des vertèbres de cétacés;

(1) M. Nyst a publié dans le tome XVII des *Mémoires couronnés par l'Académie royale de Bruxelles* un grand travail sur les fossiles tertiaires de la Belgique. Depuis lors les travaux exécutés aux fortifications d'Anvers lui ont permis de faire de nouvelles observations, encore inédites, dont il a bien voulu me communiquer les résultats.

5° Enfin des *sables* d'un *jaune rougeâtre* que l'on exploite au *Stuivenberg*, à Calloo, etc., et qui contiennent une immense quantité de débris de coquilles, parmi lesquelles on distingue principalement des cyprines, des bucardes et des tellines.

10e *Section*. — TERRAINS QUATERNAIRES.

Nous croyons pouvoir rapporter au **diluvion** des dépôts formés de cailloux et de blocs, plus ou moins arrondis, qui sont ordinairement accompagnés de matières à l'état graveleux, arénacé ou terreux. Ces dépôts se distinguent dans la Belgique orientale des autres dépôts caillouteux que nous avons indiqués comme se trouvant dans les terrains crétacés et tertiaires, parce que l'on reconnaît dans les cailloux et les blocs qu'ils renferment les principales roches quartzeuses primaires de l'Ardenne, tandis que les cailloux des autres sont presque toujours des silex secondaires ou tertiaires. Quant aux matières terreuses ou arénacées qui accompagnent les cailloux, leur nature varie selon les dépôts sur lesquels reposent ces matières; celles-ci recèlent quelquefois des ossements de mammifères, notamment de mammouth (*Elephas primigenius*), de rhinocéros, d'ours, etc.

Ces dépôts se trouvent principalement dans le fond et sur les flancs des vallées où coulent la Meuse et les autres cours d'eau venant de l'Ardenne. Ils sont en général très rares et pour ainsi dire rudimentaires sur les plateaux du Condros, mais ils s'étendent davantage sur les plaines de la Hesbaye et surtout de la Campine orientale. Ils sont souvent à découvert dans cette dernière contrée, tandis qu'en Hesbaye ils sont toujours recouverts par du limon.

Dans la Belgique occidentale, ou, en d'autres termes, lorsqu'on s'éloigne des cours d'eau venant de l'Ardenne, les cailloux sont rares, de faibles dimensions, ne présentent que des silex, quelquefois du quartz blanc, et se perdent dans une assise de **sable** qui se montre au jour dans la **Campine** occidentale et dans une zone qui traverse la Flandre de l'est à l'ouest. Ces sables sont ordinairement blanchâtres ou jaunâtres, quelquefois brunâtres, noirâtres ou verdâtres. Ils sont très mobiles et tendent à envahir les champs cultivés, lorsque le limon, la tourbe ou la végétation ne les ont pas fixés, et ils déterminent, de même que le diluvion caillouteux l'existence de vastes bruyères dans la Campine; mais en Flandre, où les habitants ont travaillé depuis longtemps à leur amendement, le sol est devenu productif. Il paraît que l'on n'a pas

encore trouvé de fossiles dans ces sables, du moins lorsqu'ils sont purs et sans mélange de cailloux (1).

Un dépôt puissant de **Limon jaunâtre** qui fait partie de celui que nous avons déjà signalé (p. 232) comme s'étendant de la Seine au Rhin, traverse la Belgique dans le sens de l'ouest à l'est en recouvrant toute la **Hesbaye,** ainsi que des parties du Brabant, du Hainaut et de la Flandre. Ce dépôt, auquel on peut attribuer la richesse des contrées les plus fertiles de la Belgique, repose indistinctement sur tous les autres terrains; il se mêle dans certaines localités avec les cailloux, les graviers et les sables qui lui sont inférieurs. On peut dire cependant que son uniformité sur toute son épaisseur est un moyen de distinguer le véritable limon qui nous occupe d'autres dépôts, que les amendements de l'agriculteur ont rendus plus ou moins semblables à ce limon, parce que, dès que l'on s'enfonce dans les terres végétales de cette catégorie, on voit qu'elles passent insensiblement à des matières différentes. Le limon, de même que le sable de Campine, n'atteint pas une grande altitude, et on le voit s'appuyer sur les divers dépôts qui forment le

(1) Dumont considérait dans ses dernières années le sable de Campine comme supérieur au diluvion caillouteux et comme parallèle au limon de Hesbaye. Il fondait cette opinion sur la liaison qui existe entre le sable et le limon le long des limites des contrées respectivement recouvertes par ces deux dépôts, ainsi que sur un sondage fait à Lommel en Campine où l'on a trouvé les cailloux d'Ardenne après avoir traversé deux mètres de sables de Campine. Mais ces faits ne me paraissent pas suffisants pour atténuer les considérations géogéniques qui me portent à admettre que le sable de Campine est antérieur au limon. En effet, pour ce qui concerne le sondage de Lommel, je ferai remarquer que le diluvion caillouteux se montre au jour dans les environs de ce bourg, notamment dans la bruyère de Moll, que ce dépôt suit toutes les ondulations ou dépressions du sol, et qu'il contient en Campine beaucoup de sables que les eaux et les vents entraînent journellement dans les dépressions du sol, ou soulèvent quelquefois de manière à former des monticules que l'on pourrait appeler des *dunes terrestres ;* d'où l'on voit que les deux mètres de sables qui recouvrent les cailloux sur le point où l'on a opéré le sondage peuvent y avoir été accumulés par les phénomènes modernes aussi bien que par le grand phénomène diluvien. Quant à la liaison du sable et du limon, on conçoit que des matières aussi meubles, qui ont été déposées par les eaux, se soient mélangées à leur point de jonction, lors même que leur formation n'aurait pas été contemporaine. D'un autre côté, la présence au nord de l'Ardenne des cailloux venant de cette région prouve que les eaux diluviennes coulaient, comme les eaux actuelles, du sud au nord, et rien n'autorise la supposition qu'entre l'écoulement de ces eaux et la période actuelle, il y ait eu une période intermédiaire où les eaux coulaient dans un autre sens. Or, comme il serait tout à fait contraire aux lois de la statique que des eaux chargées de sable et de limon déposassent celui-ci avant celui-là, je ne puis admettre que le sable de Campine, qui est au nord de la bande de limon, ait été déposé en même temps que ce dernier, et il me paraît plus probable que le sable représente le diluvion dans les contrées où les eaux diluviennes n'auront point amené de cailloux détachés des rochers de l'Ardenne ; car on ne peut pas supposer que quand de vastes courants d'eau s'étendaient sur la Hesbaye et la Campine orientale il n'y en avait pas sur la Flandre et la Campine occidentale. Toutefois je ne dissimulerai pas que la manière régulière dont le sable de Campine repose en stratification concordante sur le crag d'Anvers est faite pour donner l'idée que ce sable, au lieu d'être quaternaire représenterait plutôt le dernier terme du terrain pliocène, d'autant plus qu'il ne diffère quelquefois de celui-ci que par l'absence de fossiles.

pied des collines qui s'étendent de Cassel à Diest sans atteindre ordinairement le sommet de ces collines.

Nous avons déjà eu l'occasion de dire qu'il n'était pas démontré que l'on connût des fossiles propres au limon.

Nous avons aussi déjà indiqué qu'il existait des cavernes dans les calcaires primaires de la Belgique et qu'il y avait des **ossements** dans ces **cavernes**.

Ils sont, comme ceux que l'on trouve dans d'autres contrées, enfouis dans du calcaire, analogue au tuf, plus ou moins mélangé de matières animales, et formant, dans le fond des cavernes, des couches irrégulières peu épaisses tantôt meubles, tantôt cohérentes, dans lesquelles les ossements sont accompagnés de coquilles terrestres et fluviatiles, de cailloux roulés de diverses natures et de fragments anguleux, souvent très volumineux, du calcaire qui sert de mur et de toit aux cavernes. Schmerling, à qui l'on doit la découverte de ces ossements, a reconnu (1) dans ceux de la province de Liége un grand nombre d'espèces, notamment des ours (*U. giganteus*, *U. spelæus*, *U. arctoideus*, *U. leodiensis*, *U. priscus*), des hyènes, des gloutons, de grands felis, des éléphants (*E. primigenius*), des hippopotames, et plusieurs animaux qui vivent actuellement dans le pays. Il y a également trouvé des ossements humains, ainsi que des silex et des os taillés de main d'homme, et il était convaincu que ces traces de l'existence de l'homme étaient contemporaines des espèces perdues; mais nous avons déjà eu l'occasion de dire que cette conviction n'est point encore partagée par tous les géologues, non plus que l'opinion de Schmerling, d'après laquelle les crânes trouvés dans les cavernes de la province de Liége indiquaient une race d'hommes plus rapprochée des nègres que des hommes qui habitent maintenant le pays.

11e *Section*. — TERRAINS MODERNES.

Composition générale. — Excepté le terrain madréporique, qui n'existe que sous la zone torride, tous les groupes que nous distinguons dans les terrains modernes se trouvent en Belgique.

Le **terrain alluvien** y est notamment plus développé qu'il n'est habituellement, car, outre les dépôts de cette nature qui existent ordinairement le long des cours d'eau, il forme le long de la côte de Flandre

(1) *Recherches sur les ossements des cavernes de la province de Liége*, 1833-1836.

une large bande qui s'étend jusqu'à Anvers et se prolonge dans la Zélande et la Hollande.

Cette bande est recouverte par de l'*argile* sableuse de couleur grisâtre que l'on voit, entre autres, aux environs d'*Ostende*, et dans laquelle on trouve des objets travaillés de main d'homme ainsi que des coquilles semblables à celles qui vivent actuellement dans la mer voisine. Belpaire, qui le premier a fait connaître cette argile (1), rapporte qu'elle a une épaisseur moyenne d'un à deux mètres, qu'elle recouvre une assise de tourbe et qu'elle forme dans cette dernière des filons nommés *aard-schéen* dans le pays, et qui sont quelquefois plus larges en bas qu'en haut. Cette argile est extrêmement favorable pour la culture, mais le sol qu'elle forme étant souvent plus bas que les hautes marées, on ne le préserve des inondations qu'au moyen des digues et des autres travaux qui constituent ce qu'on appelle des *Polders*.

L'argile d'Ostende est séparée de la mer par une chaîne de *dunes*, c'est à dire par une bande étroite de sables fins, formant de petites collines groupées à la suite les unes des autres, et dont le sable est plus ou moins mobile, selon que les hommes ont fait plus ou moins d'efforts pour la fixer au moyen de la végétation.

Les bords et les lits des cours d'eau présentent aussi des amas de de *cailloux roulés*, de *gravier*, de *sable*, d'*argile* et de *limon*, qui doivent être rapportés aux terrains *modernes*, mais qu'il est très difficile de distinguer de ceux des terrains quaternaires avec lesquels ils se lient intimement. Ces dépôts sont souvent mélangés de matières charbonneuses, telles que de la tourbe, du lignite, du terreau, qui se mêlent surtout avec l'argile et le limon, et qui passent à des matières végétales plus ou moins altérées. On y trouve aussi des coquilles terrestres ou fluviatiles semblables à celles qui vivent maintenant dans le pays, ainsi que des ossements de mammifères et des monuments de l'industrie humaine. On rencontre également, dans ces dépôts, des espèces de blocs ou de rognons formés de fragments agglutinés à la manière des roches conglomérées. Le ciment qui unit ces matières est quelquefois calcaire ou siliceux, mais le plus souvent il est composé d'hydrate ferrique. On a notamment trouvé, lorsque l'on a approfondi le lit de la Sambre, à Namur, des espèces de rognons que l'on aurait pu prendre pour un poséphite bréchiforme, et qui étaient composés de fragments d'ardoises jetés dans la rivière par des couvreurs, et unis par un ciment ferrugi-

(1) *Sur les changements subis par la côte d'Anvers à Boulogne*, tome IV des *Mémoires couronnés par l'Académie royale de Bruxelles.*

neux provenant de l'hydratation d'épingles de fer que l'on voyait encore plus ou moins altérées au milieu des rognons.

Indépendamment des matières charbonneuses qui sont mélangées dans les dépôts alluviens, des **dépôts tourbeux**, plus considérables, se trouvent à la surface du sol. Les plus étendus sont dans la Campine, ils sont aussi très fréquents sur les plateaux de l'Ardenne. Cette substance est quelquefois recouverte par des dépôts alluviens, et l'on vient de voir que Belpaire a reconnu que l'argile qui se trouve le long de la côte de Flandre repose ordinairement sur une couche de tourbe d'un à deux mètres d'épaisseur, laquelle se prolonge quelquefois sous le sable des dunes jusque dans le lit de la mer. La tourbe est exploitée dans beaucoup de localités, et employée pour le chauffage des classes pauvres. Ses cendres, surtout celles qui viennent du voisinage de la mer, sont très recherchées par les cultivateurs, à cause de la manière dont elles favorisent la végétation, principalement celle des fourrages.

Le **calcaire tufacé** est assez fréquent dans les lieux où existe le calcaire primaire, souvent il ne forme que des enduits et des stalactites sur les parois des fissures ou aux plafonds des cavités existantes dans le calcaire; mais d'autres fois il compose de véritables dépôts de tuf, tantôt meuble, tantôt friable, tantôt très cohérent. Ce dernier est exploité comme pierre de construction et recherché pour les cheminées et les voûtes à cause de sa légèreté, produite par les pores et les vides résultant de sa texture celluleuse. Les dépôts de tuf se trouvent ordinairement dans les vallons traversés par de petits cours d'eau. Un des plus importants est celui de Rouillon, à l'ouest de Namur, où cette roche forme de petites collines qui barrent, pour ainsi dire, un vallon qui débouche dans la vallée de la Meuse. On rencontre quelquefois des carrières où les fragments résultant de la taille des pierres sont liés par une concrétion calcaire, et sont de cette manière transformés en brèches modernes.

Nous avons déjà eu occasion de donner une idée des principaux **dépôts détritiques** qui recouvrent le sol de la Belgique, et comme nous reviendrons encore sur ce sujet dans le chapitre suivant, nous n'en parlerons pas ici.

CHAPITRE III.

NOTIONS MÉTÉOROLOGIQUES (1)

M. Houzeau évalue les **températures** moyennes des diverses parties de la Belgique de la manière suivante :

Basse Belgique	10°
Belgique moyenne et bas Luxembourg	9°
Plateau de l'Ardenne entre les croupes les plus élevées. . .	8°
Points culminants des crêtes	7°

Il évalue les températures moyennes des mois les plus chauds et les plus froids ainsi qu'il suit :

CONTRÉES.	MOIS les plus chauds.	MOIS les plus froids.
Belgique littorale	17°	3°
Basse Belgique intérieure	18	2
Belgique moyenne.	18	1
Plateau de l'Ardenne.	17	— 1
Points culminants.	16	— 2
Bas Luxembourg	19	— 1

(1) Ce chapitre qui devrait avoir beaucoup plus de développement est extrait de l'*Almanach séculaire de l'Observatoire royal de Bruxelles,* par M. A. Quetelet, et de la *Géographie physique de la Belgique,* par M. Houzeau.

Il évalue aussi le nombre de jours où le thermomètre descend au dessous de zéro à :

50 dans la basse Belgique ;
60 dans la Belgique moyenne ;
70 dans le bas Luxembourg ;
80 en Ardenne.

Voici le tableau des températures moyennes constatées à l'Observatoire de Bruxelles de 1833 à 1852 :

ANNÉES.	TEMPÉRATURE.	ANNÉES.	TEMPÉRATURE.
1833	10°3	1843	10°2
1834	12.1	1844	9.1
1835	10.6	1845	8.8
1836	10.6	1846	11.0
1837	9 8	1847	9.6
1838	9.2	1848	10.5
1839	10.6	1849	10.3
1840	9.7	1850	9.8
1841	10.4	1851	10 3
1842	10.3	1852	11.3
Température moyenne de la période			10.2

Voici également le tableau de la température moyenne de chaque mois pendant la même période :

MOIS.	TEMPÉRATURE.	MOIS.	TEMPÉRATURE.
Janvier	2°0	Juillet	18°2
Février	3.8	Août	17.8
Mars	5.5	Septembre.	14.8
Avril.	9.0	Octobre.	10.7
Mai	13.5	Novembre.	6.6
Juin	17 2	Décembre	3.6

La température la plus élevée à Bruxelles pendant cette période a été 34°.2 le 1er août 1846, et la plus basse a été — 18°.8 le 16 janvier 1838, ce qui présente un écart de 53 degrés ; mais le maximum moyen ayant été de 30°.2 et le minimum moyen de — 7°.9, l'écart moyen n'est que de 38°.1.

Les **vents** les plus fréquents sont ceux du sud-ouest, surtout dans la zone littorale ; ce sont aussi ceux qui amènent le plus souvent la pluie. Les vents d'est et du nord, connus sous le nom de *bise*, sont les plus secs, et les vents du midi, qui occupent le troisième rang, sont les plus chauds.

M. Houzeau évalue de la manière suivante les quantités de **pluies** et de **neiges** qui tombent annuellement dans les diverses parties de la Belgique, à savoir :

CONTRÉES.	SOMME ANNUELLE de l'eau tombée.	NOMBRE DE JOURS		SOMME ANNUELLE des neiges.
		de pluie.	de neige.	
	Mètres.			Mètres
Belgique littorale. . . .	0.90	190	15	1,2
Basse Belgique intérieure.	0.75	180	20	1.5
Belgique moyenne. . . .	0.70	150	25	1.8
Plateaux de l'Ardenne . .	1 00	150	30	2.5
Sommités de l'Ardenne . .	1.50	120	35	3.»
Bas Luxembourg. . . .	0.70	140	20	1.»

Il est rare que les neiges persistent longtemps sans se fondre, excepté dans les parties élevées de l'Ardenne. On remarque dans le Condros que la neige persiste plus longtemps sur les psammites jaunâtres que sur les schistes gris et les calcaires bleus.

Les observations faites à l'observatoire de Bruxelles de 1833 à 1850 relativement à la pluie, à la neige et à la grêle ont donné les résultats suivants :

MOIS.	MOYENNE de la quantité d'eau recueillie.	NOMBRE DE JOURS		
		pluie.	neige.	grêle
	millimètres.			
Janvier	56.53	14.0	5.8	0.8
Février	52.28	13 2	4.9	0.8
Mars	53.96	15.2	4.9	1.8
Avril	48.87	14.6	2.3	2.3
Mai.	47,58	13.9	0.1	0.9
Juin	60.04	14.8	0.0	0.5
Juillet.	69.28	16.1	0.0	0.2
Août	77.99	13.7	0.0	0.1
Septembre	60.23	14.5	0.0	0.3
Octobre	66.81	17.5	0.1	0.6
Novembre	64.38	16.7	1.2	0.7
Décembre	57.70	13 2	3.3	0.4
Totaux	715.47	181.6	22.9	9.4

Voici également le résultat des observations faites à l'observatoire de Bruxelles pendant la même période de 1833 à 1850 concernant l'état du ciel, le brouillard, la gelée et le tonnerre :

MOIS.	NOMBRE DE JOURS.				
	Ciel sans nuage.	Ciel entièrement couvert.	Brouillard.	Tonnerre.	Gelée.
Janvier.	1.5	7.3	7.5	0.2	16.3
Février.	1.3	5.5	5.2	0.2	10.2
Mars.	1.6	3.7	4.5	0.8	8.6
Avril	1.0	2.7	2.3	0.7	2.2
Mai	1.6	1.7	2.7	1.5	0.0
Juin.	0.6	0.4	1.6	2.5	0.0
Juillet	0.4	0.7	0.9	2.6	0.0
Août.	0.4	1.5	2.6	2.8	0.0
Septembre. . . .	1.3	1.1	5.1	1.3	0.0
Octobre.	0.6	5.1	7.6	0.3	0 3
Novembre. . . .	0.8	5.0	7.9	0.2	5.2
Décembre	1.3	7.2	10.4	0.2	11.5
Année . . .	12.4	39.9	58.1	13.3	54 3

L'année où il est tombé le plus d'eau dans cette période est 1850, où il en est tombé 836mm.70, et celle où il en est tombé le moins est 1833, où l'on n'a constaté que 511mm.03.

L'élévation moyenne du baromètre à l'Observatoire de Bruxelles pendant la période de 1833 à 1852 a été ainsi qu'il suit :

	mm.		mm.
Janvier	755.71	Juillet	756.77
Février	755.51	Août	755.57
Mars	756.58	Septembre	756.10
Avril	754.70	Octobre	755.00
Mai	756.24	Novembre	754.42
Juin	755.55	Décembre	757.90

Moyenne annuelle 756mm.06

La plus grande hauteur atteinte par la colonne barométrique pendant cette période a été 779mm.16, le 11 février 1849, et la plus basse 724mm.59 le 14 décembre 1849, ce qui représente un écart de 54mm.57.

CHAPITRE IV

CONSIDÉRATIONS GÉOGÉNIQUES.

Si nous considérons maintenant le sol de la Belgique sous le rapport des phénomènes qui s'y sont passés et des époques où ils ont eu lieu, nous verrons, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, que la **formation des dépôts** que Dumont nommait *ardennais* est le phénomène le plus ancien dont ce pays nous offre des traces, mais que l'époque où cette formation a eu lieu, comparativement à celle des dépôts d'autres contrées, n'est pas encore bien déterminée, puisque ce n'est qu'avec doute que nous l'avons rapportée à la période **silurienne**.

Quant au **terrain rhénan,** son époque de formation immédiatement avant le terrain dévonien proprement dit est suffisamment démontrée. D'un autre côté, le rapprochement des terrains **dévonien et houiller** de Belgique, avec ceux que les géologues considèrent comme type de ces groupes, est assez généralement admis maintenant.

Nous avons vu aussi que tous ces dépôts sont plus ou moins modifiés, que leurs couches ont été fortement relevées, plissées, quelquefois renversées, et qu'elles sont traversées par de nombreux filons dont les uns sont des dykes porphyriques et les autres des filons cristallins, fragmentaires ou meubles.

L'époque de la **formation des dykes porphyriques** du terrain rhénan paraît être à peu près contemporaine de ce terrain, puisqu'ils ne pénètrent pas dans le terrain dévonien. Il est probable que ceux du terrain silurien sont aussi à peu près de l'époque de ce terrain; attendu

[illegible] dykes et ceux du ter- [illegible] rencontré la roche quart- [illegible]

[illegible] de Belgique ont été [illegible]; mais, quand on [illegible] métamorphiques à [illegible] dévonien, on est porté à [illegible] formation de ce terrain, ce qui [illegible] nous d'émettre sur [illegible] côté, la circonstance que [illegible] c'est-à-dire celles où l'on peut supposer [illegible] déterminé la transformation de [illegible] feldspathiques, ne sont pas [illegible] immédiat avec les roches plutoniennes, [illegible] les éjaculations intérieures exerçaient [illegible] plus forte lorsqu'elles pouvaient se [illegible] agissaient à l'état gazeux.

Enfin, lorsque l'on prend en considération que les roches dévoniennes et houillères ont aussi subi des actions métamorphiques, qu'elles sont aussi fortement plissées et renversées que les roches antérieures, mais que les roches postérieures ont conservé une position à peu près horizontale et ne présentent plus d'altération du même genre, on est porté à conclure que les grands phénomènes qui ont modifié et plissé les roches se sont prolongés en Belgique jusqu'après la formation du terrain houiller, mais qu'ensuite ces phénomènes n'ont plus agi avec la même force.

Si maintenant nous cherchons à mettre ces données en **rapport avec la série générale des révolutions** admises par M. Élie de Beaumont (p. 441), on pourrait en conclure que les premières modifications des roches siluriennes remontent au système du Morbihan ou à celui du Longmynd, et que l'éjaculation des porphyres de Quenast et de Lessines se rapporterait au système du Westmoreland, système dont M. de Beaumont annonce avoir reconnu des traces en Ardenne.

Ce célèbre géologue voit ensuite un effet du système des ballons dans la disposition du front méridional de l'Ardenne le long du bassin de Paris, mais la concordance de stratification que l'on observe entre le calcaire de Tournay et l'ampélite de Chokier ou entre celui-ci et la houille de Liége annonce que les soulèvements des Ballons et du Forez [illegible] de grands dérangements dans le sol de la Belgique.

[illegible] me dit des Pays-Bas que M. de Beaumont attribue le

plissement de nos terrains dévoniens et houillers, et c'est effectivement avec l'orientation de ce système que s'accorde la direction générale des couches de ces terrains à l'ouest de la ligne que nous avons signalée comme allant de Namur à Rochefort (p. 510). Mais la direction, plus vers le nord, de ces mêmes couches de l'autre côté de la ligne dont il s'agit annoncerait que la direction normale a été modifiée, soit par l'influence des plis formés dans le sol inférieur lors du soulèvement du Westmoreland, soit parce que cette partie de la Belgique aurait subi l'action d'une révolution postérieure, récurrente avec celle du Westmoreland et qui n'aurait pas été reconnue jusqu'à présent.

L'âge des filons qui traversent ces dépôts n'est pas non plus encore très bien déterminé. La circonstance que nos filons **métallifères** s'arrêtent ordinairement avec le calcaire houiller, et qu'ils se trouvent souvent entre les étages différents, a porté plusieurs géologues à les considérer comme antérieurs à l'ampélite de Chokier, et comme étant à peu près contemporains des dépôts dans lesquels ils sont intercalés. Or, sans vouloir rejeter entièrement cette manière de voir, nous ferons remarquer qu'à Bleyberg (p. 520), le minerai de plomb pénètre au moins dans le système de l'ampélite; que, en second lieu, on peut très bien concevoir pourquoi les matières des filons, quoique éjaculées postérieurement à la houille de Liége, ne pénètrent pas dans cet étage, puisqu'il suffit pour produire ce résultat que le calcaire se soit mieux prêté à recevoir les injections que les schistes et la houille; circonstance qui est en quelque manière attestée par les cavités et les fractures si abondantes dans le calcaire, tandis que les plis sans fractures que l'on remarque fréquemment dans les houilles et dans les schistes annoncent que ces roches avaient conservé un certain état de mollesse lorsque le plissement a eu lieu. On conçoit également que la résistance que certains systèmes de couches opposaient à l'introduction des matières éjaculées d'en bas, déterminait ces matières à se placer entre deux systèmes plutôt que d'en traverser un qui leur offrait plus de résistance.

D'un autre côté, quand on fait attention que les gîtes métallifères qui se trouvent dans les dépôts dévoniens et houillers contiennent beaucoup de fer et qu'ils forment quelquefois des nappes ou de petits bassins au dessus de ces dépôts, on voit un nouveau motif pour placer leur origine à l'époque de la révolution qui a plissé les dépôts dont il s'agit, puisque c'est elle qui a immédiatement précédé la formation du grès des Vosges, roche qui renferme une si grande quantité de fer.

Les rapports intimes qui lient les minerais métalliques avec les sables

et les argiles qui les accompagnent, nous ont porté à leur assimiler la **formation de ces sables et de ces argiles**; mais cette opinion est encore plus loin d'être généralement adoptée que celle relative aux minerais. Car, d'un côté, la ressemblance qui existe entre ces matières et l'argile plastique de Paris les a fait longtemps considérer comme tertiaires. D'un autre côté, la position relevée des dépôts d'argile, leurs rapports avec les minerais métalliques et l'opinion où l'on était alors que ces minerais ne pénétraient jamais au delà du calcaire houiller, avaient porté Cauchy (1) à considérer ces argiles comme à peu près contemporaines des matières dans lesquelles elles sont intercalées. Enfin, Dumont a émis (2) l'opinion qu'elles se rapportent au terrain crétacé, parce qu'il y a remarqué de la ressemblance avec les argiles et les sables qui se trouvent dans la partie inférieure des dépôts crétacés du Hainaut. Si l'on ajoute à ces grandes divergences d'opinions la circonstance que quelques unes de ces argiles ressemblent au limon quaternaire on est tenté de se demander si ces dépôts, c'est à dire le minerais métalliques, les sables et les argiles ne représentent pas tout ce qui s'est formé dans les parties du sol belge qui étaient émergées pendant les périodes secondaires et tertiaires?

Sans revenir sur ce que nous avons dit (p. 461) touchant l'*origine des filons fragmentaires* en général, nous ferons remarquer que peu de dépôts de ce genre sont plus favorables que ceux qui nous occupent à l'opinion qui attribue cette origine à des éjaculations venant de l'intérieur. En effet, on conçoit, d'après ce que nous avons dit sur le gisement de ces dépôts, que leur formation est à peu près inexplicable si l'on veut l'attribuer à l'action unique des eaux superficielles, car, si ces sables et ces argiles provenaient de la destruction d'autres roches, comment se fait-il que l'on n'y reconnaît pas de traces de ces roches? Comment se fait-il qu'ils forment des amas tantôt complétement blancs, tantôt complétement jaunes, tandis que ces couleurs ne se présentent que comme des accidents rares dans toutes les roches antérieures, non seulement de la contrée, mais aussi des autres pays environnants? Si ces sables et ces argiles avaient été amenés par des eaux superficielles, comment se fait-il qu'au lieu d'être déposés selon les lois de l'hydrodynamique, ainsi que les dépôts nettement stratifiés, on les voit quelquefois remplir des cavités qui n'ont pas d'ouvertures vers le jour, et, quand ils sont composés de matières de nature ou de couleur différentes, on voit

(1) *Constitution géologique de la province de Namur*, dans le tome V des *Mémoires couronnés par l'Académie de Bruxelles.*
(2) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, t. XIX, 2e partie, p. 21.

souvent que les parties distinctes, au lieu de se disposer en bassin ou en voûte, sont irrégulièrement entrelacées l'une dans l'autre, et ne se placent pas indistinctement dans toutes les cavités, mais suivent certaines règles générales, qui les fait arrêter à certains dépôts particuliers? Au contraire, si l'on admet que ces matières ont pris leur position par l'effet d'injections venues de l'intérieur, toutes les particularités de leurs gisements s'expliquent facilement, l'entrelacement des matières différentes est une conséquence naturelle de l'injection, leur présence plus fréquente dans les roches susceptibles de se fendiller, ou entre deux systèmes différents de roches, est également une conséquence de ce qu'ils devaient prendre des positions déterminées par la résistance plus ou moins forte qu'opposaient les masses traversées. On conçoit de même pourquoi il y a de ces matières qui offrent une véritable stratification, car lorsque l'éjaculation continuait après que les cavités étaient remplies, les matières éjaculées devaient se répandre à la surface, et, si celle-ci était recouverte d'une eau un peu agitée, ces matières devaient se déposer en couches plus ou moins régulières. D'un autre côté, en attribuant cette origine interne aux sables et aux argiles dont il s'agit, on évite une grande difficulté géogénique : celle de devoir leur attribuer une origine différente de celle des minerais métalliques dont ces matières sont les compagnes fidèles; ou bien de devoir contester à ces minerais le mode de formation qui leur est assez généralement attribué.

Du reste, on ne doit pas perdre de vue que, tout en attribuant une origine analogue à celle des filons à une partie de nos argiles et de nos sables, nous sommes bien loin de prétendre qu'il n'y en ait point qui appartiennent aux systèmes dans lesquels elles sont intercalées, car, outre ce que nous venons de dire de celles de ces matières qui se sont épanchées au dessus des cavités par où elles ont été rejetées, il y en a, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, qui sont régulièrement stratifiées avec les autres roches qui les accompagnent, soit qu'elles représentent des couches de schiste ou de quartzite qui ont été altérées par des émanations gazeuses qui leur ont fait subir une seconde transformation, soit qu'elles représentent des couches qui auraient échappé à l'action des causes que nous supposons avoir transformé les argiles et les sables originaires en schiste, en psammites ou en quartzites.

Nous avons fait remarquer que la **formation** des matières quartzeuses que nous avons désignées collectivement par le nom de **phtanites** (*clavias* des ouvriers) présentait quelquefois des incertitudes. Une première remarque à faire, c'est que le phtanite, qui est assez rare dans la série des terrains, se présente dans un grand nombre de systèmes en

Belgique ; car on le trouve en noyaux ou en blocaux dans les poudingues de Burnot, en rognons dans le calcaire houiller, en couches dans l'étage houiller moyen et puis mêlé avec les sables et les argiles de filons; mais il est à remarquer que ce mélange a lieu principalement dans les parties superficielles, ce qui semble annoncer que cette formation s'est prolongée jusqu'après celle des principaux dépôts de sables. Du reste, nous croyons que l'origine de ces phtanites superficiels a beaucoup de rapports avec celle des sables, c'est à dire que dans certains cas, surtout quand la matière siliceuse était éjaculée en grande abondance et que la précipitation était déterminée par une cause prompte, elle se précipitait en sable, tandis que, vers la fin des émanations, cette matière, devenue plus rare, arrivait au jour à l'état de solution et se déposait lentement en rognons ou en concrétions qui se fendillaient ensuite. Cet état de la silice, dissoute en petite proportion dans certaines eaux, paraît attesté par la grande quantité de crinoïdes qui ont été transformées en matière siliceuse, et qui ont sans doute vécu au milieu d'une eau chargée de silice.

Le mode de **formation des poudingues de Malmédy** laisse aussi des incertitudes; car, d'un côté, la présence de noyaux contenant des fossiles plus récents que le terrain silurien sur lequel ils reposent annonce que ces noyaux y ont été amenés par des eaux superficielles; d'un autre côté, la couleur rouge des matières qui forment ces lambeaux jointe à leur stratification, à peu près horizontale, nous portent à croire qu'ils ont été déposés pendant la période permienne. Or, comme les autres dépôts permiens sont éloignés de plus de quatre myriamètres, sans que l'on voie aucune trace de dépôt de cette nature dans l'espace intermédiaire, nous sommes aussi porté à croire que ces lambeaux ne sont pas les restes d'un massif qui aurait couvert cet espace, c'est à dire la plus grande partie de l'Ardenne, de sorte qu'il nous paraît plus probable que, à l'époque où se déposait le vaste massif permien des Vosges et du Palatinat, il y avait dans les environs de Malmédy de petits bassins dans lesquels il s'opérait des éjaculations de matières rougeâtres.

État de la Belgique pendant les périodes secondaire et tertiaire. — Nous avons déjà fait remarquer que, excepté une petite portion du territoire belge qui fait géognostiquement partie de la Lorraine, les terrains triasique et jurassique manquent en Belgique, d'où quelques géologues ont conclu que ce pays était émergé pendant la période correspondante. Nous n'avons ni les moyens ni l'envie de combattre cette opinion, puisque nous admettons avec ces géologues que l'écorce du globe a éprouvé de fréquentes oscillations, ainsi d'ailleurs

que le démontrent les alternatives de terrain marin et de dépôts d'eau douce qui se remarquent dans beaucoup de localités, notamment dans le bassin de Paris. Nous nous bornerons à faire remarquer que nous sommes loin d'être convaincus que l'on doive admettre qu'il y ait eu émersion ou dénudation partout où il manque un dépôt de la série géognostique, parce que, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, nous ne croyons pas qu'il s'est toujours formé des dépôts au fond de la mer, soit parce que certaines localités étaient trop éloignées des sources chargées de matières terreuses, soit parce que la disposition du sol et la direction des courants ne permettaient pas aux sédiments de se déposer. Ce qui est certain, c'est que les eaux de la mer ont recouvert une grande partie de la Belgique pendant les périodes crétacée et tertiaire.

Les dépots de ces périodes sont stratifiés, n'ont point éprouvé les grands dérangements subis par les dépôts primaires, ne présentent pas de traces de métamorphisme et ne renferment pas de filons longitudinaux; mais leur émersion actuelle, ainsi que l'existence de failles, prouve qu'ils ont subi l'action de phénomènes qui les ont soulevés et disloqués, tandis que d'autres circonstances annoncent que les éjaculations de l'intérieur ont puissamment contribué à leur formation.

On a vu notamment dans le chapitre précédent que les **argiles tertiaires** forment souvent des dépôts épais et peu étendus dans le sens horizontal, quelquefois elles remplissent des dépressions du sol inférieur, mais d'autres fois elles forment des protubérances ou cônes surbaissés qui, comme nous l'avons déjà dit, sont entourés de sables ou de limon. Or, on ne conçoit pas comment des matières amenées par des eaux superficielles ont pu prendre la forme de taupinières sur un plateau, tandis que cette disposition se comprend très facilement lorsque l'on suppose que ces matières ont été amenées par éjaculation. D'un autre côté, quoique, sur le plateau entre Braine-le-Comte et Jurbise en Hainaut, par exemple, le sable jaunâtre soit généralement supérieur à l'argile noirâtre, la coupure de quelques-uns de ces cônes argileux, par les travaux du chemin de fer, a fait voir des nids de sable jaune enfouis dans l'argile, comme des témoins qui attesteraient le passage de celui-là au milieu de celle-ci.

Les sables de Diest sont aussi dans le cas de répandre de la lumière sur l'origine de ces dépôts et sur les dislocations subies par le sol de la Belgique, car on a vu dans le chapitre précédent que ces sables forment le couronnement d'une chaîne de collines qui s'étend au milieu de plaines moins élevées. Or, pour supposer qu'ils aient été amenés

dans cette position par des eaux superficielles, il faudrait également admettre qu'il y a eu dans ces contrées une vaste nappe de nature analogue, qui a été dénudée et dont les collines actuelles ne sont plus que les témoins; mais, outre que nous ne pouvons concevoir une force de dénudation suffisante pour avoir enlevé, sauf deux petits massifs de collines, toute la partie de cette immense nappe qui se serait étendue du Pas-de-Calais à la Dyle, on doit, en supposant la possibilité d'une semblable action, se demander comment il se fait que cette immense masse de matière en mouvement n'ait plus laissé de trace de son passage? Si l'on suppose, au contraire, que, à une époque où ces contrées étaient encore sous l'eau, il s'est formé entre Cassel et Diest une grande fente, sur plusieurs points de laquelle il est sorti du sable et des matières ferrugineuses, on sentira que ces matières ont dû prendre précisément la disposition que nous leur voyons. Une circonstance qui vient encore à l'appui de cette hypothèse, c'est que l'on aperçoit quelquefois dans les dépôts inférieurs aux sables de Diest des espèces de filons ou de bandes verticales plus ou moins imprégnées d'hydrate ferrique, et que l'on peut considérer comme les conduits ou cheminées par où les émanations postérieures sont arrivées au jour (1).

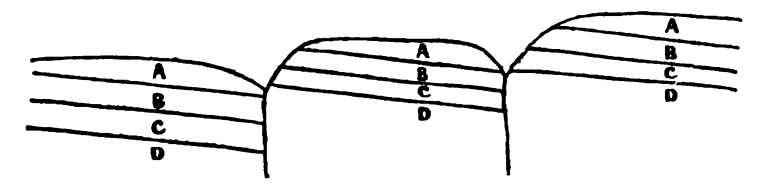
Si, d'un autre côté, nous comparons la direction générale de cette grande fente avec celle des systèmes de montagnes admis par M. Élie de Beaumont (p. 441), nous verrons qu'elle est sensiblement la même que celle du Tatra (2).

L'examen des cours d'eau qui traversent les plaines de la Flandre, du Brabant et de la Hesbaye, nous conduit aussi à reconnaître les traces d'une autre révolution postérieure. En effet, lorsque l'on jette les yeux sur une carte de ces contrées, on voit que la plupart de ces cours d'eau ou sections de cours d'eau, notamment la Lys, l'Escaut jusqu'à Gand,

(1) Il est assez remarquable que ces espèces de filons ferrugineux, qui maintenant me paraissent si intéressants pour appuyer l'hypothèse des éjaculations, m'aient anciennement induit en erreur, en me portant à croire que les grès ferrugineux n'étaient que des accidents ou des bigarrures des autres dépôts sableux, au lieu de reconnaître, ainsi que l'ont fait depuis MM. Élie de Beaumont, d'Archiac et Dumont, qu'ils avaient généralement une position supérieure à tous les dépôts eocènes. Il est assez probable que le dépôt de Groenendael, qui est aussi de nature ferrugineuse, mais qui renferme les fossiles du calcaire de Bruxelles, a été imprégné d'hydrate ferrique de la même manière, soit que l'éjaculation ferrugineuse y ait eu lieu à une époque antérieure à celle du sable de Diest, soit qu'elle ait eu lieu en même temps, sans être accompagnée de sable, comme dans les localités où l'on voit de véritables dépôts de sable de Diest.

(2) Ce rapprochement avec le système de Tatra de la ligne sur laquelle se sont produits les sables de Diest, porterait à les ranger dans le terrain miocène; mais, comme il n'est point impossible que l'éjaculation des sables n'ait eu lieu qu'à une époque plus récente que celle où la [illegible]é opérée, j'ai cru devoir suivre le classement auquel Dumont avait été conduit par [illegible]tigraphiques et qui est maintenant confirmé par la paléontologie.

la Dendre, la Senne, la Dyle, la Gette, présentent généralement la même direction ; si l'on fait ensuite attention à la facilité avec laquelle le moindre obstacle fait dévier le cours d'une eau qui se fraye un lit, on sent qu'il est bien difficile qu'une semblable uniformité soit le résultat de simples érosions, et si l'on ajoute que la direction de ces cours d'eau est aussi à peu près parallèle à celle de la côte de Flandre, on est porté à supposer que ces lignes sont le résultat d'une **dislocation du sol,** qui aura produit des failles dont le bord le plus élevé aura déterminé la direction des cours d'eau, ainsi que Dumont avait déjà été conduit à le reconnaître pour les vallées de la Hesbaye, d'après une autre considération (1). Car cet ingénieux observateur ayant reconnu que les bords des vallées qui traversent cette contrée ne présentent que du limon du côté occidental, tandis que du côté oriental on voit ordinairement paraître plusieurs assises inférieures au limon, telles que le tuffeau de Lincent, le tuffeau de Maestricht, la craie blanche, etc., il en a conclu que ces vallées devaient leur origine à des failles ou dislocations qui avaient produit des fentes parallèles, accompagnées de mouvements du sol, par suite desquels les massifs compris entre ces fentes s'étaient plus élevés du côté de l'O. que du côté de l'E., ou plus abaissés du côté de l'E. que du côté de l'O., ainsi qu'on peut le voir par la figure ci-jointe.



A. *Limon*. B. *Tuffeau de Lincent*. C. *Tuffeau de Maestricht*. D. *Craie blanche*.

Le parallélisme de ces lignes avec la côte de Flandre donne lieu de croire que c'est à cette même dislocation qu'est due l'émersion d'une grande partie des contrées qu'elles traversent, tandis que la direction de ces lignes, sensiblement la même que celle du système des Alpes occidentales, annonce que cette dislocation a eu lieu entre les terrains miocène et pliocène.

On voit par ce qui précède qu'en suivant la pente du sol belge vers la mer du Nord on y reconnaît des traces de révolutions et de dépôts successivement plus récents et qui annoncent que ce sol s'est graduelle-

(1) *Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, t. IV, p. 473.

ment élevé au dessus des eaux. Mais ces exhaussements se sont-ils faits d'une manière régulière et quel a été l'état des parties successivement émergées? Ce sont là des questions auxquelles il est difficile de répondre, car, si l'absence assez générale de dépôts secondaires et tertiaires sur les parties élevées de l'Ardenne et du Condros semble indiquer que ces parties étaient déjà émergées pendant les périodes correspondantes, la présence d'un lambeau crétacé, avec des animaux marins, sur les plateaux entre Spa et Francorchamps, conduirait à une conclusion contraire, du moins pour la période crétacée et précisément pour la partie la plus élevée de l'Ardenne. Probablement que cette partie a éprouvé un soulèvement particulier postérieur à celui de la masse principale du plateau.

Si, d'un autre côté, nous recherchons quelles sont, dans les terrains anciens de la Belgique, les fractures postérieures au plissement, nous dirons que l'inspection des cartes nous porte à indiquer trois systèmes de fractures qui se rapportent à trois révolutions qui figurent dans les tableaux de M. de Beaumont.

L'un de ces systèmes se remarque dans les vallées de la Semois, de la Lesse, de l'Ourte vers Houffalize, de l'Amblève, etc., qui par leur direction de l'E.-S.-E. à l'O.-N.-O. rappellent le système des Pyrénées. L'autre comprend la vallée de la Meuse de Mézières à Namur, celle de l'Ourte et de la Meuse de Durbuy à Maestricht, ainsi que celles de plusieurs autres cours de l'Ardenne et de l'Eifel qui, par leur direction du sud au nord, rappellent le système des îles de Corse et de Sardaigne.

Enfin, le troisième des systèmes que nous venons d'indiquer, et qui est le plus fortement marqué, se manifeste principalement par la grande fracture où coulent la Sambre et la Meuse de Maubeuge à Liége, fracture dirigée de l'O.-S.-O. à l'E.-N.-E. ; ce qui la range dans le système de la chaîne principale des Alpes, c'est à dire entre les terrains tertiaires et quaternaires. Cette conclusion, tirée de considérations géogéniques, est confirmée par les caractères géognostiques, car la postériorité de cette fracture à la formation des terrains tertiaires est attestée par la manière dont elle coupe ces dépôts, et son antériorité au diluvion est également attestée par l'abondance de ce dépôt dans l'intérieur même de cette fracture. Cette révolution présente un caractère très remarquable que n'offrent pas les deux autres. En effet, on ne voit rien qui annonce que les dislocations du sol qui ont produit les fractures rapportées aux systèmes des Pyrénées et des îles de Corse et de Sardaigne aient été accompagnées, dans l'Ardenne et le Condros, par de grands mouvements des eaux qui auraient transporté des débris de ces contrées sur les parties basses du

pays, tandis qu'il est démontré que, lors de la formation des fractures rapportées au système de la chaîne principale des Alpes, de vastes courants ont transporté les débris de l'Ardenne dans les vallées et sur les plaines qui s'étendent au pied de cette contrée. Or, comme il est bien probable que celle-ci était émergée depuis longtemps lors de cette catastrophe, il y a tout lieu de croire que les eaux qui ont opéré ce transport y avaient été poussées par une grande révolution qui avait son siége ailleurs, ce qui est une nouvelle preuve en faveur du rapprochement avec la chaîne principale des Alpes, car, de toutes les révolutions qui ont agi sur le sol de l'Europe, il n'y en a probablement aucune qui ait déterminé un aussi grand déplacement des eaux que celle qui a fait surgir cette vaste chaîne (1).

Les débris transportés par ce grand mouvement sont en général composés des roches les plus résistantes de l'Ardenne, principalement de quartzites, de poudingues et d'intermédiaires entre ces roches et les roches schisteuses; mais on n'y voit pas, ou presque pas de calcaire, quoique les fractures dont nous avons parlé et les eaux qui les ont suivies aient traversé les calcaires dévoniens et houillers, et que ces calcaires soient aussi très résistants. On a cherché à rendre raison de cette circonstance, en supposant que les eaux qui ont transporté ces fragments étaient chargées d'un acide qui avait la propriété de dissoudre le calcaire; mais cette explication paraît insuffisante lorsque l'on fait attention que les rochers de calcaire qui bordent les vallées présentent des fractures tout aussi fraîches que ceux de quartzite, tandis qu'ils auraient dû être au moins arrondis, si les eaux qui ont rempli ces vallées avaient été assez acidulées pour dissoudre les fragments. Peut-être que le fait que nous venons de signaler tient à deux autres causes : la première, que le sol de l'Ardenne aurait été beaucoup plus disloqué et plus agité que celui du

(1) On objecte contre cette manière de voir que les débris de l'Ardenne ont en quelque manière rayonné autour de cette contrée, et l'on cite à l'appui de cette opinion la présence de fragments de roches d'Ardenne, trouvés au midi, dans le bassin de l'Oise. Mais la rareté de ces fragments, comparée à leur grande abondance vers le nord, est, selon moi, une présomption en faveur de l'hypothèse qui fait venir du midi la grande masse d'eau diluvienne; car, outre que les inondations actuelles peuvent amener des fragments de roches ardennaises dans le bassin de l'Oise, puisque cette rivière prend sa source en Ardenne, on conçoit, tout en admettant que les eaux diluviennes ont été poussées du midi au nord, qu'au moment où la force qui les poussait aura cessé d'agir, l'influence de la pente du sol aura repris ses droits, et qu'une partie des eaux aura rétrogradé dans le sens de nos cours d'eau actuels. Quant aux fragments que l'on pourrait trouver en Lorraine, on ne doit pas y mettre beaucoup d'importance, car il serait bien difficile de juger si ces fragments viennent de l'Ardenne plutôt que des terrains primaires qui sont au midi. Mais il n'est pas même à ma connaissance qu'il existe de ces fragments douteux, et je puis dire que des blocs, que l'on avait annoncés comme venant de l'Ardenne, ont été reconnus comme appartenant aux dépôts jurassiques sur lesquels ils reposent.

Condros, opinion qui paraît appuyée par la quantité de débris qui reposent sur ce sol, et surtout par l'abondance de ces débris qui sont accumulés dans les vallées et sur les plaines qui bordent cette contrée. La seconde cause, c'est qu'il paraît que les roches quartzeuses ont, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, une aptitude à se fendiller et à former des cailloux, qui ne se retrouve pas dans nos calcaires dévoniens et houillers.

Écoulement des eaux. — Dans tous les cas, on peut admettre que c'est à ces dernières révolutions que l'on doit attribuer la direction des cours d'eau qui traversent les terrains anciens de la Belgique. Nous ferons aussi remarquer que ces cours d'eau viennent fortement à l'appui de l'opinion d'après laquelle ce n'est pas toujours la pente générale du sol, mais plus souvent l'existence de fractures dans ce sol, qui détermine le cours des rivières. En effet, la Meuse, qui prend sa source à l'altitude de 347 mètres et qui, dans un cours de plus de 20 myriamètres, n'est séparée du bassin de la Seine que par des plateaux qui ont ordinairement moins de 400 mètres, ne traverserait pas entre Mézières et Givet des plateaux de plus de 500 mètres d'altitude, si elle n'avait pas trouvé dans ces plateaux des fentes toutes préparées pour son écoulement. La Sambre présente aussi un phénomène analogue, car, au lieu de suivre la pente générale du sol vers le nord-ouest, elle dévie vers l'est, lorsqu'elle rencontre la grande fracture dont nous avons parlé, et traverse, entre Charleroi et Namur, des plateaux plus élevés que l'arête qui la sépare du bassin de l'Escaut. Or, il est à remarquer que ces plateaux sont formés de roches très cohérentes qui résistent à l'action érosive des eaux, mais qui sont susceptibles de conserver les fentes qui s'y produisent, tandis que l'arête du nord est principalement formée de sables et d'autres dépôts meubles, très susceptibles d'être ravinés par les eaux, mais où les fentes sont dans le cas d'être bientôt obstruées par les éboulements.

Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons déjà dit dans le livre précédent sur la **formation du limon**, sur l'**origine des cavernes** et sur les relations des **ossements** qu'elles recèlent, questions qui sont loin d'être hors du domaine de la discussion.

L'âge et le mode de **formation de l'argile d'Ostende** ne sont pas non plus une question très claire. On ne peut y voir une alluvion ordinaire des fleuves, parce qu'elle n'est pas placée dans la direction d'un grand cours d'eau, et parce que l'on y trouve des coquilles marines. Belpaire (1), qui écrivait à une époque où la théorie des soulèvements

(1) Mémoire déjà cité page 543.

était encore dans l'enfance, avait cependant imaginé, pour expliquer ces faits, une hypothèse analogue à ces alternatives d'émersions et de submersions qui jouent un rôle si important chez les géologues actuels; il supposait que des marais tourbeux, qui existaient le long de cette côte du temps de César et étaient séparés de la mer par une chaîne de dunes, avaient, depuis lors, été couverts par la mer, laquelle y a déposé une puissante couche d'argile dont l'emplacement a été de nouveau séparé de la mer par le rétablissement des dunes. Nous sommes loin de vouloir attaquer une hypothèse aussi ingénieuse; mais, telle que Belpaire l'a présentée, elle semble susceptible d'une grande difficulté, c'est que l'on ne conçoit pas pourquoi la mer qui baigne la côte qui nous occupe, et qui avait élevé anciennement des dunes sableuses, comme elle en élève encore actuellement, parce que son fond est sableux, a formé momentanément un dépôt argileux, non pas sur un point détaché, mais sur toute la côte, depuis les bouches de l'Escaut jusqu'à Calais. On lèverait cette difficulté si l'on supposait qu'il y a eu au voisinage de ces côtes, pendant la période moderne, une éjaculation de matière argileuse analogue à celle que nous avons déjà supposé pendant les périodes précédentes, phénomène qui, s'il a effectivement eu lieu, a dû être accompagné de mouvements dans les eaux qui baignaient les côtes, et par conséquent concorder avec des inondations qui auraient pu refouler les matières produites sur le continent. L'existence des filons d'argile dans la tourbe, tout en appuyant l'hypothèse des éjaculations, semble annoncer que le phénomène aurait eu lieu sur l'emplacement même des tourbières. Du reste, les motifs invoqués par Belpaire pour établir que la formation de ce dépôt argileux est postérieur au temps de César ne nous paraissent pas incontestables, et nous sommes porté à croire qu'elle se rapporte à une époque plus ancienne.

Nous avons déjà eu l'occasion de faire remarquer qu'une partie des **dépôts détritiques** qui recouvrent le sol de la Belgique doivent leur origine à la décomposition sur place des roches sur lesquelles ils reposent. On a vu, en premier lieu, que les plateaux de l'Ardenne étaient recouverts d'une couche plus ou moins épaisse d'une terre brunâtre, jaunâtre ou blanchâtre, analogue aux phyllades altérés qui sont en dessous; cette terre est en outre souvent colorée en noirâtre ou en roussâtre par des matières tourbeuses, et renferme, dans certaines localités, des fragments plus ou moins volumineux de quartzites et d'autres roches qui ont échappé à la décomposition.

On a vu également (p. 524) que les terres du Condros montrent d'une manière encore plus claire leur origine locale, car nous avons fait observer que celles qui recouvrent les psammites sont semblables au

produit de la désagrégation de ces derniers, tandis que celles qui recouvrent le calcaire participent de la nature des filons argileux qui sont si fréquents dans cette dernière roche. On peut ajouter, d'ailleurs, que le phénomène de la transformation de ces matières s'opère encore journellement, car lorsque les eaux ou les travaux de l'homme ont enlevé les parties désagrégées qui recouvrent les psammites, il s'y reproduit plus ou moins vite une nouvelle pellicule meuble. De même aussi lorsque l'on met l'argile rougeâtre des filons en contact avec l'atmosphère, et que l'on y ajoute des amendements, surtout de la chaux, on obtient, ainsi que nous l'avons déjà dit, une terre végétale qui ressemble au limon de Hesbaye. Quant aux terres qui se trouvent dans les vallées transversales, nous avons également fait connaître qu'elles ont tous les caractères des alluvions et qu'elles en présentent l'irrégularité de composition. Toutefois, dans les vallons où coulent des cours d'eau dont les sources sont peu éloignées, les dépôts ne sont formés que des débris des roches du voisinage, et surtout du mélange des deux espèces de terres qui recouvrent les plateaux. La formation de ces dépôts se continue encore; et l'on remarque que les inondations qui ont lieu de temps en temps déterminent le long des cours d'eau la formation de bourrelets composés de matières fines, qui ont les caractères du limon et qui, devenant plus élevés que les parties de la vallée qui longent le pied des collines, empêchent l'écoulement des eaux; aussi, les cultivateurs, pour transformer ces vallées en prairies ou même pour empêcher que les anciennes prairies ne deviennent marécageuses, sont-ils obligés d'exhausser le sol du côté des collines et de l'abaisser vers les bords des cours d'eau.

La transformation des argiles et des sables tertiaires en bonnes terres végétales, exige en général beaucoup de soin et de travaux, et les résultats obtenus en Flandre font notamment le plus grand honneur à la persévérance avec laquelle les habitants de cette contrée se sont occupés depuis des siècles à l'amélioration de leur sol. Mais quand à la zone sur laquelle s'étend le limon de Hesbaye, elle est tout naturellement disposée pour donner des terres d'excellente qualité.

La Belgique présente aussi quelques-uns de ces phénomènes, que nous considérons comme les restes de ces grandes éjaculations provenant de l'intérieur de la terre, que nous supposons avoir joué un si grand rôle dans les temps anciens; c'est à dire des **sources minérales et thermales**. Elles sortent en général des terrains primordiaux, et se trouvent principalement dans la partie septentrionale de l'Ardenne. Les plus célèbres sont les eaux acidules et ferrugineuses de Spa, qui sortent du terrain silurien, et les eaux thermales de Chaudfontaine près de

Liége, qui sortent du terrain dévonien et dont la température est de 32 degrés centésimaux.

Nous terminons cet exposé sommaire des principaux caractères géologiques de la Belgique, en rapportant que les études de Belpaire sur les côtes de Flandre l'avaient conduit à supposer (1) qu'il se passe sur ces côtes des **mouvements lents du sol,** analogues à ceux que l'on a signalés en Scandinavie, c'est à dire qu'une partie de la côte s'élèverait, tandis que l'autre s'abaisserait. Nieuport serait l'axe de ce mouvement de bascule, car, dit Belpaire, la mer perd continuellement du Pas-de-Calais à Nieuport, tandis qu'elle tend continuellement à gagner de cette ville à l'embouchure de l'Escaut.

(1) Mémoire cité ci-dessus p. 353.

CHAPITRE V.

LISTES DES FOSSILES RECUEILLIS DANS LES PRINCIPALES LOCALITÉS CONSIDÉRÉES COMME TYPES DES TERRAINS DE LA BELGIQUE.

Observations préliminaires. — Pour que ces listes, dues aux travaux et à la complaisance de divers paléontologistes, soient plus uniformes et plus en rapport avec le texte du présent ouvrage, les dénominations des classes et, autant que possible, la place des genres ont été établies selon la méthode adoptée par l'auteur de ce texte.

La nature de cet abrégé ne permettant pas de donner à ces listes les développements qu'elles ont dans les travaux originaux, on n'y a pas reproduit les noms que les auteurs avaient accompagnés d'un signe de doute, ni les noms des genres dont les espèces n'avaient point été déterminées, ni enfin les notes synonymiques ou descriptives.

Lorsqu'un fossile se trouve dans plus d'une liste, les numéros des listes, autres que celles dont le titre précède immédiatement, sont indiqués à la suite de ce nom ; c'est ainsi, par exemple, que la ligne *Athyris* (*Terebratula*) *concentrica*, *Buch*, 5, 10, dans la liste n° 2, signifie que cette espèce se trouve aussi dans les listes n°s 5 et 10. D'un autre côté, le mot *Terebratula*, placé en parenthèse, entre le nom générique et le nom spécifique, fait connaître que L. de Buch, l'auteur qui a créé le nom spécifique, avait classé cette espèce dans le genre *Terebratula*.

1re *Section.* — TERRAIN RHÉNAN.

1. *Liste des fossiles des roches schisteuses des environs de Houffalize, par M.* DE KONINCK (1).

CRUSTACÉS.

Pleuracanthus laciniatus, *Roem.*, 10.
Homalonotus armatus, *Burmeister.*

GASTÉROPODES.

Pleurotomaria Daleidensis, *Roem.*
Pileopsis cassideus, *d'Arch. et de Vern.*
Tentaculites annulatus, *Schloth.*, *Sp.* 10.

BRACHIOPODES.

Megathyris (Terebratula) Archiaci, *de Vern.*
Spirifer simplex, *Phill.*
— (Terebratulites) hystericus, *Schloth.*
— cultrijugatus, *Roem.*, 10.
— Rojasi, *de Vern.*
— subspeciosus, *de Vern.*
— macropterus, *Goldf.*
— micropterus, *Goldf.*
Athyris Palapayensis, *de Vern.*
— subconcentrica, *de Vern.*
Atrypa reticularis, *Linn.*
Rhynchonella pila, *Schnur.*
— Daleidensis, *Roem.*
Orthis (Terebratulites) vulvaria, *Schloth.*
Strophomena rugosa, *Dalm.*
Leptæna explanata, *Sow.*
— Sandbergiana, *de Kon.* (laticosta *Sandb.; non Conrad*).
Leptæna teniolata, *Sandb.*
— subarachnoroides, *d'Arch. et de V.*
— (Orthis) Sedgwicki, *d'Arch. et de V.*
— — Murchisoni, *d'Arch. et de V.*
Choneles (Orthis) dilatata, *Roem.*, 10.
— (Terebratulites) sarcinulata, *Schloth.* 10.
— (Leptæna) semiradiata, *Sow.*
Hoplotheca venusta, *Schnur.*

LAMELLIBRANCHES.

Venulites concentricus, *Roem.*
Pterinea costata, *id.*
— truncata, *id.*

BRYOZOAIRES.

Fenestella (Gorgonia) infundibuliformis, *Goldf.*, 10.

ÉCHINODERMES.

Ctenocrinus typus, *Bronn.*
— decadactylus, *Roem.*

ANTHOZOAIRES (2).

Pleurodyctium problematicum, *Goldf.*

2e *Section.* — TERRAIN DÉVONIEN.

2. *Liste des fossiles du calcaire et du schiste à* Calceola sandalina *des environs de Couvin, par M.* DE KONINCK.

POISSONS.

Holoptichius Omaliusi, *Ag.*

CRUSTACÉS.

Gerastos laevigatus, *Goldf.*
Phacops latrifons, *Bronn.*, 10.
Bronteus flabellifer, *Goldf.*

CÉPHALOPODES.

Orthoceras nodulosum, *Schl.*
Gyroceras (spirula) nodosum, *Bronn.*
— (Cyrtoceras) Eifeliense, *d'Arch. et de Vern.*

GASTÉROPODES.

Capulus (Pileopsis) priscus, *Goldf.*
Bellerophon tuberculatus, *Fér*

(1) M. de Koninck appelle *terrain dévonien inférieur* le groupe désigné dans le présent ouvrage sous la dénomination de *terrain rhénan.*

(2) J'emploie ici le nom d'*anthozoaires* de préférence à celui de *polypiers*, parce que je considère ce dernier comme une dénomination usuelle qui ne cadre pas avec la série méthodiqu Ainsi, de même que par le nom de *quadrupèdes* on entend des mammifères et des reptile j'entends par *polypiers* des bryozoaires, des anthozoaires et des spongiaires. J. J. O. H.

BRACHIOPODES.

Terebratula elongata? *Schl.*
— scalprum, *Roem.*
Spirifer elegans, *Schnur.*
— heterophyllus. *Defr.*
— subcuspidatus, *Schnur.*
— ostiolatus, *Schl.*
— speciosus, *Schl.*
— intermedius, *Schnur.*
— curvatus, *Schl.*
— laevigatus, *Schl.*
— simplex, *Phill.* (medius) *Sow.*
— lens, *Schnur.*
— imbricco lamellosum, *Sandb.*
— muralis, *Murch*
Athyris (Terebratula) concentrica, *Buch.*, 5. 10.
— gracilis, *Sandb.*
— squamingera, *Stein.*
Atrypa aspera, *Schl.*
— prisca, *Schl.*
— ailinis, *Schl.*
— latilinguis, *Schnur.*
Rhynchonella Schnurii, *de Vern.*
— Wahlenbergii, *Goldf.*
— primipilaris, *Goldf.*
— implexa, *Sow.*
— subcordiformis, *Schnur.*
— diluviana, *Stein.*
Camarophoria microrynchа, *id.*
Orthis tenuistriata, *Sow.*
— tetragona, *Roem.*
— prisca, *Schnur.*
Pentamerus galeatus? *Dalm.*
— biplicatus, *Schnur.*
Calceola sandalina, *Lmk.*
Crania prisca, *Goldf.*
Discina, *Nov. sp.*

LAMELLIBRANCHES.

Cypricardia (Pterinea) elegans, *Goldf.*
Lucina proavia, *id.*
Conocardium clathratum, *d'Orb.*

BRYOZOAIRES.

Fenestella (Retepora) antiqua, *Goldf.*, 10.

ANNÉLIDES.

Serpula ammonia, *Goldf.*
— omphalodes, *id.*

ÉCHINODERMES.

Cupressocrinus elongatus, *Goldf.*
Melocrinus hieroglyphicus, *id.*

ANTHOZOAIRES.

Heliolites porosa, *Goldf.*, 10.
Favosites polymorpha, *id.*, 10.
— basaltica, *id.*, 10.
— Goldfussi, *Edw. et H.*
Cyathophyllum lamellosum, *Goldf.*
— vesiculosum, *id.*
Discophyllum helianthoides, *d'Orb.*
Aulopora repens, *Knorr.*

3. *Liste des fossiles du calcaire à Strigocéphales de Nisme, canton de Couvin, par M.* DE KONINCK (1).

GASTÉROPODES.

Macrocheilus (Buccinum) arculatus, *Schloth.*
Pleurotomaria (Helicites) delphinuloides, *id.*
Murchisonia (Turritella) bilineata, *Goldf.*
Bellerophon striatus, *Ferus.*

BRACHIOPODES.

[Te]rebratula caiqua, *de Vern.*
[Str]igocephalus Burtini, *Defr.*
[Sp]irifer aperturatus, *Schl.*
Atrypa reticularis, *Linn.*
Uncites Gryphus, *Defr.*
Pentamerus triplicatus? *Schl.*

LAMELLIBRANCHES.

Megalodon cucullatus, *Sow.*
— carinatus, *Goldf.*

ANTHOZOAIRES.

Cyathophyllum vermiculare, *Goldf.*

4. *Liste des fossiles du schiste et du calcaire à* Rhynchonella cuboïdes *de Virelle, canton de Chimai, par M.* DE KONINCK (2).

CÉPHALOPODES.

Bactrites subconicus, *Sandb.*
Goniatites retrorsus, *Buch.*
— Thierianus, *de Kon.*

BRACHIOPODES.

Spirifer disjunctus, *Sow.*, 5.
Rhynchonella (Terebratula) cuboïdes, *Sow.*
— pugnoides, *de Kon.*
— subreniformis, *Schnur.*
Camarophoria formosa, *Schn.*

LAMELLIBRANCHES.

Avicula Neptuni, *Goldf.*
Cardiola retrostriata, *Buch.*

ANTHOZOAIRES.

Stromatopora polymorpha, *Goldf.*, 10.

SPONGIAIRES.

Receptaculites Neptuni, *Defr.*

(1) Ce calcaire, que M. de Koninck rapporte à celui de Paffrath au pays de Berg, est appelé *calcaire de Givet* dans le présent ouvrage.

(2) Ce système est appelé dans le présent ouvrage *calcaire de Frasne.*

5. *Liste des fossiles du calcaire, du schiste et du psammite à* Spirifer disjunctus *de Chaudfontaine, près de Liége, par M.* de Koninck (1).

CÉPHALOPODES.

Goniatites retrorsus, *Buch*.

BRACHIOPODES.

Spirifer unguiculus, *Sow*.
— disjunctus, *id.*, 4.
— Murchisonianus.
— heteroclytus, *Defr*.
— Archiaci, *Murch*.
— Lonsdali, *id*.
— acutorinus, *Bouchard*.
— comprimatus, *Schl*.
— Dumarlii, *Bouchard*.
— extensus, *Sow*.
— simplex, *Phill*.
— euryglossus, *Schnur*.
— tenticulum, *de Vern*.
Athyris juvenis, *Sow*.
— concentrica, *Buch. sp.*, 2, 10.
— indentata, *Sow*.
— pelapayensis, *de Vern*.
Atrypa aspera, *Schl*.
— prisca, *id*.
Rhynchonella solidentata, *Sow*.
— fallax, *id.* (pleurodon *aut.*).
— triangularis, *id*.
— triloba, *id*.
— protracta ? *id*.
— pugnus, *Sow. non Martin*.
— Dutertrii, *Murch*.
Orthis tenuis, *Bouchard*.
— elegans, *id*.
— striatula, *Schl. sp.*, 10.
— Dumonti, *de Vern*.
— Witryana, *n. sp. de Kon*.
Strophomena depressa, *Sow*.
Leptæna interstrialis ? *Phill*.
Productus caperatus, *Sow*.
Stropholasia subaculeata, *Murch*.
Chonetes convoluta, *Phill*.
— textilis, *n. sp. de Kon*.
Davidsonia Verneulli, *Bouchard*.
— Bouchardiana, *de Kon*.
— Woodwardiana, *de Kon*.
Discina, *n. sp.*
Lingula amazona, *de Ryckh*.
— subparallela ? *Sandb*.

LAMELLIBRANCHES.

Pecten linteatus, *Goldf*.
Avicula.
Cucullea Hardingii, *Sow*.
Arca.

ANTHOZOAIRES.

Alveolites subæqualis, *Edw. et H.*
Metriophyllum Bouchardi, *id*.
Campophyllum (Cyathophyllum) flexuosum, *Goldf*.
Acervularia Troscheli, *id*.
— Goldfussii.
— pentagona, *Goldf*.

3e *Section*. — Terrain houiller.

6. *Liste des fossiles du calcaire de Tournay, par M.* de Koninck (2).

POISSONS.

Orodus ramosus, *Ag*.
Helodus lævissimus, *id*.
— bisulcatus, *de Kon*.
— fimbriatus, *id*.
Chomatodus linearis, *Ag*.
Cochliodus maximus, *de Kon*.
— contortus, *Ag*.

CRUSTACÉS.

Phillipsia (Entomolites) Derbyensis, *Martin*.
— M'Coyi, *Portl*.
— (Asaphus) gemmulifera, *Phil.*, 7.
— pustulata, *Schl*.
— Jonesi, *Portl*.

CÉPHALOPODES.

Orthoceras Martinianum, *de Kon.*, 7.
— acuarius, *id*
— Munsterianum, *id.*, 7.
— cinctum, *Sow.*, 7.
— subcentrale, *de Kon*.
— conquestum, *id.*, 7.
— dactylioforum, *id*.
— lineale, *id*.
— subcanaliculatum, *id*.
— Gesneri, *Martin*, 7.
— strigillatum, *de Kon*.
Cyrtoceras arachnoideum, *id*.
— Puzosianum, *id*.
— cinctum, *Munst*.
— tenue, *de Kon*.

(1) La majeure partie des roches que M. de Koninck réunit dans cette division appartient à mes systèmes des schistes de Famenne et des psammites du Condros, mais je suis porté à croire que le calcaire doit se ranger avec mon calcaire de Frasne. J. J. O. H.

(2) On a vu, par la note de la page 516, que plusieurs géologues ne partagent pas l'opinion de M. de Koninck sur la position relative des calcaires de Tournay et de Visé, mais on n'accueillera pas moins avec intérêt les listes que le savant paléontologiste a rédigées pour ces deux faunes.

M. de Koninck cite parmi les localités où se rencontre le calcaire de Tournay : Soignies, Ecaussines, Namur, Theux, Dinant, etc. J. J. O. H.

Cyrtoceras Verneuilianum, *id.*
unguis, *Phil.*, 7.
— fusiforme, *id.*
Gyroceras arcuceras, *Munst.*
Nautilus Philippsianus, *d'Orb.*, 7.
— Koninckii, *id.*
pinguis, *de Kon.*
dorsalis, *Sow.*
— (Gyroceras) serratus, *de Kon.*
discors, *M'Coy.*
sulcatus, *Sow.*
— ingens, *Martin.*
— multifer, *Léveillé.*
— multicarinatus, *Sow.*
subsulcatus, *Phil.*, 7.
Goniatites princeps, *de Kon.*
— Belvalianus, *id.*
— rotatorius, *id.*
mucronatus, *Phil.*
— obtusus, *id.*
— dorsatus, *id.*

GASTÉROPODES.

Chemnitzia elongata, *de Kon.*
(Loxonema) curvilinea, *Phil.*
— gracilis, *de Kon.*
— ventricosa, *id.*, 7.
— carbonaria, *id.*
(Rissoa) Lefebvrei, *Léveillé.*
— scalaroidea, *Phil.*
Macrocheilus (Buccinum) Michotianus, *de Kon.*
Ampullaria tabulata, *Phil.*, 7.
Natica antiqua, *M'Coy.*
Nerita elongata, *Phil.*
— elliptica, *id.*, 7.
— Phillipsii, *M'Coy.*
Euomphalus radians, *de Kon.*, 7.
— (Ampullaria) helicoides, *Sow.*, 7.
— anguis, *M'Coy.*
— tuberculatus, *de Kon.*
— pentangulatus, *Sow.*, 7.
— tabulatus, *Phil.*
— (Planorbis) æqualis, *Sow.*, 7.
— bifrons, *Phil.*
Serpularia (Euomphalus) serpula, *de Kon.*, 7.
— angiostoma, *id.*, 7.
— Archimedis, *id.*
Turbo pygmæus, *id.*
Pleurotomarra radula, *de Kon.*
— dives, *id.*, 7.
— Panope, *d'Orb.*
— Koninckii, *id.*
— Ryckholtiana, *de Kon.*
— nobilis, *id.*
quadricincta, *id.*
— Gauchyana, *id.*
— Benediana, *id.*
— interstrialis, *Phil.*, 7.
— Yvanii, *Léveillé*, 7.
— Sowerbyana, *de Kon.*
— conica, *Phil.*, 7.
— carinata, *Sow.*, 7.
— striata, *id.*, 7.
— naticoides, *de Kon.*, 7.
acuta, *Phil.*, 7.
Murchisonia quadricincta, *M'Coy.*
— Sedgwickiana, *de Kon.*
Porcellia Puzo, *Léveillé*, 7.
— (Nautilites) Woodwardii, *Martin*, 7.
Capulus vetustus, *Sow.*, 7.
— tubifer, *Sow.*, 7.
— neritoides, *Phil.*
— rectus, *de Ryckh.*
— euomphaloides, *id.*
— canaliculatus, *M'Coy.*
— procumbens, *de Ryckh.*
— caperatus, *id.*
— insculptus, *id.*

Bellerophon Urii, *Flem.*, 7.
tricarinatus, *Léveillé.*
— tangentialis, *Phil.*, 7.
subdiscoideus, *de Ryckh.*
— plicatus, *id.*
hyalinus, *id.*
papyraceus, *id.*
Wirtyanus, *de Kon.*
— decussatus, *Flem.*, 7.
— Duchastelii, *Léveillé.*
— Phildenii, *de Ryckh.*
hiulcus, *Martin*, 7.
Sowerbyi, *d'Orb.*
costatus arietis, *Sow.*
Helcion? lunulatus, *de Ryckh.*
lateralis, *Phil.*
— (Siphonaria) Koninckii, *M'Coy.*
Chiton (Chitonellus) cordifer, *de Kon.*
(Helminthochiton) Tornacianus, *de Ryckh.*
— nervicanus, *id.*
— priscus, *Munst.*
Dentalium ingens, *de Kon.*
priscum, *Munst.*

BRACHIOPODES.

Terebratula hastata, *Sow.*
— hastæformis, *de Kon.*
sacculus, *Martin*, 7.
Spirifer Mosquensis, *Fischer.*
striatus, *Martin*, 7.
cuspidatus, *Martin.*
distans, *Sow.*
— Roemerianus, *de Kon.*
pinguis, *id.*
mesogonius, *M'Coy.*
planatus, *Phil.*
— rhomboidalis, *M'Coy.*
ovalis, *Phil.*
— duplicicosta, *id.*
triradialis, *id.*
— bisulcatus? *Sow.*, 7.
glaber, *Martin*, 7.
glaberrimus, *de Kon.*
lineatus, *id.*
integricosta, *Phil.*
— Urii, *Flem.*
Spiriferina laminosa, *M'Coy.*
octoplicata, *Sow.*
— sculpta, *Phil.*
Cyrtina carbonaria, *M'Coy.*
Athyris Roissyi, *Léveillé.*
lamellosa, *id.*, 7.
squamigera, *de Kon.*
ambigua, *Sow.*, 7.
subtilita, *Hall.*
planosulcata, *Phil.*
Retzia serpentina, *de Kon.*
— (Atrypa) radialis, *Phil.*, 7.
— ulotrix, *de Kon.*
Rhynchonella acuminata, *Martin*, 6.
pugnus, *id.*, 5, 7.
pleurodon, *Phil.*
flexistria, *id.*, 7.
uniformis, *Sow.*
Streptorhynchus (Spirigera) arachnoidea, *Phil.*
crenistria, *id.*
radialis, *id.*
Orthis (Terebratula) Michelini, *Léveillé*, 7.
(Anomites) resupinata, *Martin*, 7.
Strophomena analoga, *Phil.*, 7.
Productus Margaritaceus, *id.*, 7.
— Cora, *d'Orb.*, 7.
(Anomites) semireticulatus, *Martin*, 7.
— — aculeatus, *Martin*, 7.
— mesolobus, *Phil.*, 7.
— plicatilis, *Sow.*
longispinus, *id.*

Productus scabriculus, *Martin.*
— pustulosus, *Phil.*, 7.
— punctatus, *Martin.*
— costatus? *Sow.*
— Christiani? *de Kon.*
— Humboldtii, *d'Orb.*
Chonetes (Productus) variolata, *d'Orb.*
— elegans, *de Kon.*
— papilionacea, *Phil.*, 7.
— comoides, *Sow.*
— perlata, *M'Coy.*
Crania quadrata, *id.*
— Ryckholtiana, *de Kon.*
Discina Davreuxiana, *id.*
Lingula mytiloides, *Sow.*
— squamiformis, *Phil.*

LAMELLIBRANCHES.

Pecten mactatus, *de Kon.*
— elongatus, *M'Coy*
— Sowerbyi, *id.*, 7.
Avicula lævigata, *id.*
— recta, *id.*
— (Pterinea) desquamata, *id.*
— fabalis, *de Ryckh.*
— ligonula, *id.*
— rigida, *M'Coy.*
Arca semicostata, *id.*
— decussata, *id.*
— fimbriata, *id.*, 7.
Niobe subtruncata, *id.*
— obliqua, *id.*
Mytilus lamellosus, *de Kon.*
— Mariæ, *de Ryck.*
— Fontenoyanus, *id.*
— cordolianus, *id.*
Cypricardia transversa.
— cingulata, *M'Coy*, 7.
Conocardium (cardium) alæforme, *Sow.*, 7.
— — hibernicum, *id.*
— — trigonale, *Phil.*, 7.
— — armatum, *id.*
— — minax, *id.*
Cardiomorpha cuneata, *M'Coy.*
— (Astarte) gibbosa, *id.*
— — quadrata, *id.*
— orbicularis, *id.*
— sulcata, *de Kon.*
— fragilis, *M'Coy.*
Cardiomorpha Egertoni, *id.*
— prisca, *id.*
— corrugata, *id.*
— scalaris, *id.*
— undata, *id.*
— oblonga, *Sow.*, 7.
Solemya Puzosiana, *de Kon.*
Solenopsis tumida, *Phil.*
— Rhombea, *id.*
— striatolamellosa, *de Kon.*
— parvula, *id.*
Pholadomya Omaliana, *de Kon.*
— transversa, *de Ryckh.*

BRYOZOAIRES.

Ptylopora pluma, *M'Coy.*
— pulcherrima, *id.*
Fenestella Michelini, *d'Orb.*
— (Gorgonia) ripesteria, *Goldf.*
— (Retepora) membranacea, *Phil.*, 7.
Fenestella plebeia, *M'Coy.*
— oculata, *id.*
— ejuncida, *id.*
Polypora fastuosa, *de Kon.*
— papillata, *M'Coy.*
— verrucosa, *id.*

VERS.

Serpula Sowerbyana, *de Kon.*
— spinosa, *id.*

ÉCHINODERMES.

Cidaris Nerei, *Münst.*
— Protei, *id.*
Palæchinus ellipticus, *Scouler.*
Pentremites Puzosii, *Munst.*
— crenulatus, *Roem.*
— caryophyllatus, *de Kon. et Lehon.*
— Orbygnianus, *de Kon.*
Poteriocrinus tenuis, *Miller.*
— crassus, *id.*
Cyathocrinus conicus, *id.*
Actinocrinus mammillatus, *de Kon.*
— triacontadactylus, *Miller.*
— lævis, *id.*
— polydactylus, *id.*
— stellaris, *De Kon. et Lehon.*
Taxocrinus nobilis, *Phil.*
Platycrinus tuberculatus, *Miller.*
— striatus, *id.*
— granulatus, *id.*
— triacontadactylus, *Austin.*
— spinosus, *Austin.* (Eugeniacrinus hexagonus *Münst.*)
— lævis, *Miller.*

ANTHOZOAIRES.

Favosites parasitica, *Phil.*
Emmonsia alternans, *Edw. et H.*
Michelinia (Manon) favosa, *Goldf.*, 7.
— (Calamopora) tenuisepta, *Phil.*
— — megastoma, *Phil.*
— (Dictyophyllia) antiqua, *M'Coy.*
Chætetes (Calamopora) tumidus, *Phil.*, 7.
Syringopora distans, *Fischer, sp.*
— reticulata, *Goldf.*
— geniculata, *Phil.*
Cyathaxonia cornu, *Mich.*
— Konincki, *Edw. et H.*
— tortuosa, *Mich.*
Zaphrentis (Caninia) cornucopiæ, *id.*
— Konincki, *Edw. et H.*
— Phillipsi, *id.*
— Delanouei, *id.*
— Bowerbanki, *Haime.*
— Omaliusi, *Edw. et H.*
— (Caninia) patula, *Mich.*
— (Favosites) cylindrica, *id.*
Amplexus coralloides, *Sow.*, 7.
— (Caninia) cornubovis, *Mich.*
— spinosus, *de Kon.*
Menophyllum tenuimarginatum, *Edw. et H.*
Lophophyllum Konincki, *id.*
— Dumonti, *id.*
Mortiera vertebralis, *de Kon.*
Cyathophyllum Archiaci, *Haime.*
Lithostrotion Phillipsi, *Edw. et H.*

7. *Liste des fossiles du calcaire de Visé, par M.* de Koninck (1).

POISSONS.

Psammodus porosus. *Ag.*
— rugosus, *id.*
Pæcilodus. *N. sp.*

CRUSTACÉS.

Dythyocaris tenuistriatus. *Scouler.*
— paradoxides. *de Kon.*
— lateralis. *M'Coy.*
Phillipsia obsoleta. *Phil.*
— gemmulifera. *Phil.*, *sp.* 6.
— globiceps. *id.*
— truncatula. *id.*
— granulifera. *id.*
— M'Coyi. *Portl.*
Cyclus radialis. *Phil.*, *sp.*
Cyprella chrysalidea. *de Kon.*
Cypridella cruciata. *id.*
Cythere annulata. *id.*
— concentrica. *id.*
— Edwardsiana. *id.*
— Phillipsiana. *id.*

CÉPHALAPODES.

Orthoceras Martinianum. *de Kon.*, 6
— Munsterianum. *id.*, 6.
— calamus. *de Kon.*
— laterale. *Phil.*
— Goldfussianum. *de Kon.*
— giganteum. *Sow.*
— cinctum. *de Kon.*, 6
— conquestum. *id.*, 6.
— Gesneri. *Martin*, 6.
— Morrisianum. *de Kon.*
— cucullus, *id.*
— Breynii, *Martin.*
Cyrtoceras Gesneri. *Martin*, *sp.*
— tessellatum. *de Kon.*
— rugosum. *Phil.*
— Unguis. *id.*, 6.
Nautilus oxystomus. *id.*
— Phillipsianus, *d'Orb.*, 6.
— subsulcatus, *Phil.*, 6.
— Leveillanus, *de Kon.*
— cyclostomus. *Phil.*
— globatus, *Sow.*
— biangulatus, *id.*
— Omalianus. *de Kon.*
— Edwarsdianus, *id.*
— tuberculatus. *Sow.*
Goniatites ceratoides. *Buch.*
— complicatus. *de Kon.*
— striatus, *Sow.*
— sphaericus, *Martin*, *sp.*
— mutabilis. *Phil.*
— calyx. *id.*
— spirorbis. *id.*
— interruptus. *de Kon.*
— carina, *Phil.*
— vittiger, *Phil.*
— implicatus. *id.*
— truncatus, *id.*
— teniolobus. *id.*

GASTÉROPODES.

Littorina solida, *de Kon.*
— Lacordairiana. *id.*
— (Turbo) biserialis, *Phil.*
Macrocheilus (Buccinum) acutus, *Sow.*
— imbricatus, *Phil.*
— Phillipsianus, *de Kon*
— rectilineus, *Phil.*
— maculatus. *de Kon.*
Chemnitzia sulcicosta, *id.*
— primordialis, *id.*
— carbonaria. *id.*
— ventricosa, *id.*
— constricta, *Martin*, *sp.*
— (Rissoa) Lefebvrei, *Leveillé*, 6.
— (Loxonema) scalaroidea, *Phil.*
— suturalis, *id.*
— curvilinea, *id.*
— similis. *de Kon.*
— (Loxonema) rugifera, *Phil.*
— Murchisoniana, *de Kon.*
Natica Omaliana. *id.*
— rugosa. *id.*
Ampullacera (Natica) tabulata. *Phil.*, 6.
Narica lirata, *Phil.* (spirescens, *de Ryckh.*)
Desiayesia Rauliniensis, *id.*
Nerita elongata, *Phil.*
— ampliata, *id.*
— plicistria, *id.*
— variata, *de Kon.* non *Phil.*
— elliptica, *Phil.*, 6.
Trochus lepidus, *de Kon.*
— biserratus. *Phil.*
— tenuispira, *de Kon.*
— conformis. *id.*
— Hisingerianus, *id.*
Euomphalus (Straparolus) radians, *id.*, 6.
— costellatus, *M'Coy.*
— pusillus, *de Kon.*
— (Ampullaria) helicoides, *Sow*, 6.
— fallax, *de Kon.*
— (Straparolus) Dionysii, *Montf.*, 6.
— (Cirrus) pileopsideus. *Phil.*
— serus, *de Kon.*
— Koninckii, *d'Orb.*
— (Cirrus) pentagonalis, *Phil.*
— — acutus, *Sow.*
— nodosus, *id.*
— pentangulatus, *id.*, 6.
— catilloides, *de Kon.*
— catillus, *Martin*, *sp.*
— (Planorbis) æqualis, *Sow.*
— lepidus, *de Kon.*
— pugilis, *Phil.*
Serpularia (Euomphalus) serpula, *de Kon.*, 6
— angiostoma, *id.*, 6.
Turbo cryptogrammus, *id.*
— Heninghausianus, *id.*
— deornatus, *id.*
Cirrus armatus, *id.*
Pleurotomaria ornatissima, *id.*
— Eliana, *id.*
— limbata, *Phil.*
— squamula, *id.*
— angulata, *de Kon.*
— gemmulifera, *Phil.*
— fragilis, *de Kon.*

(1) Voir la note précédente, page 569.

Pleurotomaria contraria, *de Kon.*
— granulosa, *id.*
— catenata, *id.*
— dives, *id.*
— virgulata, *id.*
— tornatilis, *Phil.*
— cirrhiformis, *Sow.*
— pulchella, *de Kon.*
— pyramidalis, *id.*
— variata, *id.*
— insculpta, *id.*
— inflata, *id.*
— spiralis, *id.*
— submonilifera, *d'Orb.*
— atomaria, *Phil.*
— interstrialis, *id.*, 6.
— Yvanii, *Leveillé*, 6.
— Frenoyana, *de Kon.*
— conica, *Phil.*, 6.
— Galeottiana, *de Kon.*
— carinata, *Sow*, 6.
— striata, *id.*, 6.
— minuta, *de Kon.*
— Portlockiana, *id.*
— expansa, *Phil.*
— naticoïdes, *de Kon.*, 6.
— scripta, *id.*
— callosa, *id.*
— Phillipsiana, *id.*
— exarata, *id.*
— laticincta, *id.*
— acuta, *Phil.*, 6.
— scala, *de Kon.*
— sculpta, *Phil.*
— sulcatula, *de Kon.*
— blanda, *id.*
— Griffithii, *M'Coy.*
Murchisonia Humboldtiana, *de Kon.*
— Archiaciana, *id.*
— angulata, *Phil.*, *sp.* 7.
— abbreviata, *Sow.*, *sp.*
— Verneuilliana, *de Kon.*
— striatula, *id.*
— subsulcata, *id.*
— Brongnartiana, *id.*
— quadricarinata, *M'Coy.*
— tæniata, *Phil.*, *sp.*
— Melanoïdes, *de Kon.*
Porcellia Puzo, *Leveillé*, 6.
— (Nautilites) Woodwardii, *Martin*, 6.
— (Bellerophon) Verneuilli, *d'Orb.*
Cerithium parvulum, *de Kon.*
Capulus trilobus, *Phil.*
— angustus, *id.*
— vetustus, *Sow.*, 6.
— tubifer, *id.*, 6.
Trochella prisca, *M'Coy.*
Bellerophon Urii, *Flem.*, 6.
— Leveillanus, *de Kon.*
— canaliferus, *Goldf.*
— costatus, *Sow.*
— scalifer, *Leveillé.*
— Ferussaci, *d'Orb.*
— Dumonti, *id.*
— vasulites, *Montf.*
— Hiulcus, *Martin*, 6.
— tenuifascia, *Sow.*
— tangentialis, *Phil.*, 6.
— Keynianus, *de Kon.*
— decussatus, *Flem.*, 6.
Helcion ? cilicena, *de Ryckh.*
— loxogonoides, *id.*
— sinuosus, *Phil.*, *sp.*
Patella solaris, *de Kon.*
— (Metoptoma) pileus, *Phil.*
— — imbricata, *id.*
— — oblonga, *id.*
— — elliptica, *id.*
— scutiformis, *id.*
— retrorsa, *id.*
Patella lateralis, *Phill.*
— mucronata, *id.*
Chiton concentricus, *de Kon.*
— gemmatus, *id.*
Conularia irrégularis, *id.*

BRACHIOPODES.

Terebratula vesicularis, *de Kon.*
— (Anomites) sacculus, *Martin*, 6.
Spirifer (Anomites) triangularis, *id.*
— Schnurianus, *de Kon.*
— ovalis, *Phil.*
— ornatus, *de Kon.*
— cheiropteryx, *de Vern.*
— Fischerianus, *de Kon.*
— convolutus, *Phil.*
— trigonalis, *Sow.*
— bisulcatus, *id.*, 6.
— (Anomites) subconicus, *Martin.*
— striatus, *id.*, 6.
— duplicosta, *Phil.*
— pectinoides, *de Kon.*
— recurvatus, *id.*
— crassus, *id.*
— humerosus, *Phil.*
— grandicostatus, *M'Coy.*
— integricosta, *Phil.*
— ventricosus.
— planatus, *Phil.*
— acuticostatus, *de Kon.*
— Buchianus, *id.*
— trisulcosus, *Phil.*
— (Anomites) glaber, *Martin*, 6.
— lineatus, *id.*, 6.
Athyris planosulcata, *Phil.*
— lamellosa, *Leveillé*, 6.
— ambigua, *Sow*, 6.
— globularis, *Phil.*, 6.
Rhynchonella (Anomites) acuminata, *Martin*, 6.
— pugnus, *Sow.*, 5, 6.
— simia, *de Kon.*
— Davreusiana, *id.*
— rhomboidea, *Phil.*
— (Anomites) angulata, *Lin.*
— pleurodon, *Phil.*
— trilatera, *de Kon.*
— flexistria, *Phil.*, 6.
— reflexa, *de Kon.*
Orthis (Terebratula) Michelini, *Leveillé*, .
— (Anomites) resupinata, *Martin*, 6.
— Keyserlingiana, *de Kon.*
— Lyelliana, *id.*
— connivens, *Phil.*
Streptorhynchus (Spirifera) crenistria, *Phil.*
— — senilis, *id.*
Strophomena analoga, *Phil.*, 6.
Productus (Mytilus) striatus, *Fischer.*
— (Anomites) giganteus, *Martin.*
— latissimus, *Sow.*
— margaritaceus, *Phil.*, 6.
— flexistria, *M'Coy.*
— cora, *d'Orb.*, 6.
— arcuarius, *de Kon.*
— undiferus, *id.*
— ermineus, *id.*
— Griffithianus, *id.*
— Buchianus, *id.*
— undatus, *Defr.*
— proboscideus, *de Vern.*
— Nystianus, *de Kon.*
— Medusa, *id.*
— plicatilis, *Sow.*
— sublævis, *de Kon.*
— expansus, *id.*
— (Anomites) semireticulatus, *Martin*, 6.
— aculeatus, 6.
— mesolobus, 6.

Productus Flemingii, *Sow.*
— spinulosus, *id.*
— tessellatus, *de Kon.*
scabriculus, *Martin.*
— pyxidiformis, *de Kon.*
— pustulosus, *Phil.*, 6.
Leuchtenbergensis, *de Kon.*
sinuatus, *id.*
— Koninckii, *Davidson.*
— (Anomites) punctatus, *Martin.*
— fimbriatus, *Sow.*
— Deshayesianus, *de Kon.*
— marginalis, *id.*
— Keyserlingianus, *id.*
Chonetes concentrica, *id.*
— (Spirifera) papilionacea, *Phil.*, 6.
— Dalmaniana, *de Kon.*
(Leptaena) sulcata, *M'Coy.*
— Buchiana, *de Kon.*
— (Leptaena) tuberculata, *M'Coy*
Discina concentrica, *de Kon.*
Dumontiana, *de Ryckh.*
— (Helcion) globosa, *id.*

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea nobilissima, *de Kon.*
Pecten dissimilis, *Flem.*
illegalis, *de Kon*
— villanus, *id.*
— Bathus, *d'Orb*
fimbriatus, *Phil*
— Phillipsianus, *de Kon.*
— Sedgwickii, *M'Coy.*
— ellipticus, *Phil.*
Sowerbyi, *M'Coy*, 6
Avicula sublobata, *Phil.*
— laminosa, *id.*, *sp*
— lunulata, *id.*
— Benediana, *de Kon.*
acurostris, *id.*
Nystiana, *id.*
— venusta, *Nyst*
subgranosa, *de Kon* (P. granosus, *Phil.* *non Sow.*
— radiata, *de Kon.* (P. plicatus, *Phil* *non Sow.*
— lepida, *de Kon*
— interstrialis, *Phil*
squamosa, *id.*
subglobata, *id.*
nobilis, *de Kon.*
magnifica, *id.*
— tessellata, *id.*
— Dumontiana, *id*
radula, *id.*
simplex, *Phil.*, *sp.*
sublaevigata, *d'Orb.*
Buchiana, *de Kon*
— Valenciennesiana, *id*
— Bosquetiana, *id.*
Posidonomya vetusta, *Sow.*, *sp*
concentrica, *de Kon*
— hemisphaerica, *Phil.*, *sp*
— lamellosa, *de Kon.*
Arca obtusa, *Phil.*, *sp.*
anatina, *de Kon.*
M'Coyana, *id.*
— aviculoides, *id.*
— obscura, *id.*
anatina, *id*
faba, *id.*
pinguis, *id.*
arguta, *Phil.*
fallax, *de Kon*
— Hameana, *id.*
— elegantula, *id*
— tessellata, *id*
Arca Lacordairiana, *id.*
— Verneuilliana, *id.*
— fimbriata, *id.*, 6.
Nucula tumida, *Phill.*
Mytilus lividus, *de Kon.* (Modiola megaloba *M'Coy.*)
— tener, *de Kon.*
— radiatus, *id.*
— retrocessus, *de Ryckh.*
apicicrassus, *id.*
— ampliatus, *id.*
Pinna flabelliformis, *Martin.*
membranacea (*de Kon.* Koninckii, *d'Orb.*)
Astarte rhomboidalis, *de Kon*
Cypricardia cingulata, *M'Coy*, 6.
— elliptica, *Phil.*
— glabrata, *id.*
Lyelliana, *de Ryckh.*
— prosecta, *id.*
parvula, *de Kon.*
— parallela, *Phil.*, *sp.*
— globosa, *id.*
Conocardium (Cardium) aliforme, *Sow.*, 6.
— (Pleurorhynchus) trigonale, *Phil.*, 6.
(Arcacites) rostratum, *Martin.*
— strangulatum, *de Kon*
— armatum, *Phil.*
irregulare, *de Kon.*
— (Pleurorhynchus) minax, *Phil*
Scaldia Benediana, *de Ryckh.*
Edmondia unioniformis, *Phil*
— Josepha, *de Kon.*
Isocardia pumila, *id.*
deperdita, *id.*
Cardiomorpha elongata, *id*
— oblonga, *Sow.*, *sp.* 6.
— crassistria, *M'Coy*, (striata, *de Kon.*
elliptica, *id*
— (Venus) lueniformis, *Phil.*
nana, *de Kon.*
sulcata, *id.*
scalaris, *M'Coy*, 6.
Solen siliquoides, *de Kon.*

BRYOZOAIRES.

Fenestella (Retepora) membranacea, *Phil.*, 6.
— nodulosa, *id.*
— tenuifila, *id.*
— undulata, *id.*
Polypora laxa, *id.*
— Goldfussiana, *de Kon*
ramosa, *id.*

VERS.

Serpula parallela, *M'Coy.*
— Archimedis, *de Kon.*
clavaeformis, *id.*

ÉCHINODERMES.

Cidaris Münsteriana, *de Kon.*
Archaeocidaris Thumardana, *Hall.*

ANTHOZOAIRES.

Michelinia (Manon) favosa, *Goldf.*, 6
Alveolites depressa, *Flem.*
Chaetetes (Calamopora) tumidus, *Phil.*, 6
Syringopora ramulosa, *Goldf.*
Cyathophyllum Wrightii, *Edw. et H.*
— Burtini, *id.*
— regium, *Phil.*

Amplexus Henslowi, *Edw. et H.*
— nodulosus, *Phil.*
— coralloides, *Sow.*, 6.
Lithostrotion fasciculatum.
— junceum, *Flem.*
— irregulare, *Phil.*
— aranea, *M'Coy.*
— basaltiforme, *Conyb.*
— Portlocki, *H.*
Lithostrotion Martini, *Conyb.*
Clisiophyllum Keyserlingii, *M'Coy.*
— Konincki, *Edw. et H.*
Axophyllum Koninckì, *id.*
— (Cyathophyllum) radicatum, *de Kon.*
— Haimeanum, *id.*
— expansum, *Edw. et H.*
Lonsdaleia floriformis, *id.*

8. *Liste des fossiles de l'ampélite de Chokier, par M.* de Koninck.

POISSONS.

Campodus Agassizianus, *de Kon.*
Palæoniscum striolatum, *Ag.*
Megalichthys Agassizianus, *de Kon.*

CÉPHALOPODES.

Orthoceras dilatatum, *id.*
— pygmæum, *id.*
— Koninckianum, *d'Orb.*
— strigillatum, *de Kon.*
Nautilus stygialis, *id.*
Goniatites (Ammonites) diadema, *Goldf.*
— — atratus, *id.*

BRACHIOPODES.

Productus carbonarius, *de Kon.*
Lingula parallela, *Phil.*

LAMELLIBRANCHES.

Avicula, *Sp. nov.*
Mytilus ampeliticola, *de Ryckh.*

9. *Liste des fossiles des schistes qui accompagnent la houille de Liége, de Charleroy, de Mons, etc.* (1).

CÉPHALOPODES.

Goniatites (*Ammonites*) Listeri, *Martin.*

BRACHIOPODES.

Chonetes Laguessiana, *de Kon.*

LAMELLIBRANCHES.

Avicula (*Pecten*) papyracea, *Sow.*
Anthracosia (Unio) abbreviata, *Goldf.*
— (Unio) robusta, *Sow.*
— (Cardinia) nana, *de Kon.*
— (Tellinites) carbonaria, *Schloth.*
— (Unio) subconstricta, *Sow.*
— (Mya) ovalis, *Martin.*
— (Unio) utrata, *Goldf.*
— — acuta, *Sow.*
— — tellinaria, *Goldf.*
— (Cardinia) Hullosiana, *de Ryckh.*
— — nucularis, *id.*
— — hians, *id.*
— — angulata, *id.*
— — Scherpenzeeliana, *id.*
— — macilenta, *id.*
— (Unio) phaseolus, *Sow.*
— (Cardinia) colliculus, *de Ryckh.*
— — Toillieziana, *id.*
— — uncinata, *id.*
— — salebrosa, *id.*

CRYPTOGAMES ACROGÈNES.

Cyclopteris (Otopteris) cycloïdea, *Sauv.*
— — gibbosa, *id.*
— — orbicularis, *Ad. Brong.*
— — reniformis, *Sauv.*
— — semicordata, *id.*
— — undulata, *id.*
Nevropteris angustifolia, *A. Brong.*
— appendiculata, *Sauv.*
— auriculata, *id.*
— Dufrenoi, *Ad. Brong.*
— flexuosa, *Stern.*
— gigantea, *id.*
— heterophylla, *Ad. Brong.*
— Loshii, *id.*
— microphylla, *id.*
— Scheuchzeri, *Hofmann, sp.*
— tenuifolia, *Schloth., sp.*
Odontopteris Brardii, *Ad. Brong.*
— appendiculata, *Sauv.*
Sphænopteris alata, *Ad. Brong.*
— artemisiæfolia, *Stern*
— delicatula, *id.*
— dissecta, *Ad. Brong.*
— distans, *Stern.*
— elegans, *Ad. Brong.*
— furcata, *id.*
— grandifrons, *Sauv.*
— Hœninghausii, *id.*
— latifolia, *A. Brong*
— obtusiloba, *id.*
— rigida, *id.*

(1) Les noms des animaux de cette liste ont été donnés par M. de Koninck ; ceux des végétaux sont extraits d'un travail de M. le docteur Sauveur et des ouvrages de M. Ad. Brongniart.

Sphænopteris stricta, *Stern.*
— trifoliata, *Artis.*
Pecopteris amœna, *Sauv.*
— arborescens, *Schloth.*
— aspidioïdes, *Stern.*
— bifurcata, *id.*
bracchyloba, *Sauv.*
cyathea, *Ad. Brong.*
— Davreuxii, *id.*
debilia, *Stern.*
— dentata, *Ad. Brong.*
gigantea, *Schloth., sp.*
— Hannonica, *Sauv.*
— Hoffmanni, *id.*
— heterophylla, *Lindley.*
— lonchitica, *Schloth., sp.*
— Mantelli, *Ad. Brong.*
— multiformis, *Sauv.*
— muricata, *Schloth., sp.*
— nervosa, *Ad. Brong.*
— oreopteridius, *id.*
— pennata, *Stern.*
— Pluckenetii, *Schloth., sp.*
— rugosa, *Sauv.*
— Sauveurii, *Ad. Brong.*
— Volkmanni, *Sauv.*
Lonchopteris elegans, *id.*
— elongata, *id.*
— pectinata, *id.*
— subacuta, *id.*
Lepidodendron aculeatum, *Stern*
— alternans, *Sauv.*
cælatum, *Ad. Brong.*
— confluens, *Stern.*
— Costæi, *Sauv.*
cuneatum, *id.*
— crenatum, *Stern.*
dilatatum, *Sauv.*
— dissitum, *id.*
— clathratum, *id.*
— dubium, *Stern., sp.*
— elegans, *id.*
— elongatum, *Sauv.*
gibbosum, *id.*
imbricatum, *Stern.*
laricinum, *id.*
— obovatum, *id.*
— obtusum, *Sauv.*
minutum, *id.*
ophiurus, *Ad. Brong.*
— pulchellum, *id.*
rimosum, *Stern*
— rugosum, *Ad. Brong.*
selaginoïdes, *Stern.*
Sternbergii, *A. Brong.*
— undulatum, *Stern.*
— Rhodianum, *id.*
Calamites approximatus, *Stern.*
— Artisii, *Sauv.*
— cannæformis, *Schloth.*
Calamites cistii, *Ad. Brong.*
— distans, *Stern.*
— dubius, *Artis.*
— insigne, *Stern.*
— nodosus, *Schlott.*
— ramosus, *Artis.*
— Sukovii, *Ad. Brong.*
— undulatus, *id.*

PHANÉROGAMES DICOTYLÉDONES.

Asterophyllites arcuata, *Sauv.*
— elegans, *id.*
— patens, *id.*
— subulata, *id.*
— rigida, *Stern., sp.*
— delicatula, *id.*
— longifolia, *Stern., sp.*
— elegans, *Sauv.*
Annularia asterophylloïdes, *id.*
— minuta, *Stern.*
radiata, *id.*
— microphylla, *Sauv.*
Sphenophyllum multifidum, *Sauv.*
quadriphyllum, *id.*
pusillum, *id.*
— Schlotheimii, *Ad. Brong.*
Sigillaria alternans, *Sauv.*
— augustata, *id.*
— antiqua, *id.*
contigua, *id.*
— cristata, *id.*
— Davreuxii, *Ad. Brong.*
distans, *Sauv.*
— elongata, *Ad. Brong.*
gigantea, *Sauv.*
— grandis, *id.*
— hippocrepis, *Ad. Brong.*
— lævigata, *id.*
— lævis, *Sauv.*
— lenticularis, *Sauv.*
— mamillaris, *Ad. Brong.*
minuta, *Sauv.*
— Morandi, *id.*
notata, *Ad. Brong.*
— oblonga, *Sauv.*
ovata, *id.*
— peltata, *id.*
pulchella, *id.*
reniformis, *Ad. Brong.*
rimosa, *Sauv.*
tessellata, *Steinh.*
sexangula, *Sauv.*
undulata, *id.*
— Walchii, *id.*
Stigmaria ficoïdes, *Ad. Brong.*
— gigantea, *Sauv.*
Mosana, *id.*

4e Section.

10. *Liste des fossiles des noyaux ou cailloux des poudingues de Malmedy, par M.* G. Dewalque.

CRUSTACÉS.

Phacops latifrons, *Bronn., sp.* 2.
Pleuracanthus laciniatus, *Roem., sp.* 1.

GASTÉROPODES.

Dentalium antiquum, *Goldf.*
Tentaculites annulatus, *Schlot.*, 1.

BRACHIOPODES.

Spirifer cultrijugatus, *Roem.*, 1.
— speciosus, *Schl.*
— undiferus, *Roem.*
Athyris concentrica, *Buch., sp.* 2. 3.
— Daleidensis, *Roem., sp.*
— reticularis, *L., sp.*

Athyris pila, *Buch.*, *sp.*
— **Wahlenbergi**, *Goldf.*
Orthis opercularis ? *de Vern.*
— **striatula**, *Schl.*, *sp.* 5.
— **umbraculum**, *id.*, *sp.*
Leptæna interstrialis, *Phil.*
— **laticosta**, *Conrad.*
Productus subaculeatus, *Murch.*
— **Murchisonianus**, *de Kon.*
Chonetes dilatata, *Roem.*, *sp.* 1.
— **sarcinulata**, *Schl.*, *sp.* 1.

LAMELLIBRANCHES.

Avicula costulata, *d'Orb.* Pterinea costata, (*Goldf. non Sow.*)

BRYOZOAIRES.

Fenestella antiqua, *Goldf.*, *sp.* 2.
- **infundibuliformis**, *id.*, 1.

ÉCHINODERMES.

Cyathocrinus pinnatus, *Goldf.*

ANTHOZOAIRES.

Heliolites porosa, *Goldf.*, *sp.* 2.
Favosites alveolaris, *id.*
— **basaltica**, *id.*, 2.
— **polymorpha**, *id.*, 2.
— **spongites**, *id.*
Cyathophyllum ananas, *Goldf.*
— **cæspitosum**, *id.*
— **quadrigeminum**, *id.*
— **turbinatum**, *id.*

SPONGIAIRES.

Stromatopora concentrica, *Goldf.*
— **polymorpha**, *id.*, 3.

5e *Section.* — TERRAIN JURASSIQUE.

11. *Liste des fossiles du grès de Martinsart et de la marne d'Helmsingen extraite d'un mémoire de MM.* PIETTE *et* TERQUEM.

CÉPHALOPODES.

Nautilus striatus, *Sow.*
Ammonites planorbis, *id.*

GASTÉROPODES.

Littorina clathrata, *Desh.*, 12.
Turritella Zinkeni, *Dkr.*, 12, 13.
— **Dunkeri**, *id.*, 12, 13.
Tornatella secale, *Terq.*, 12, 13.
— **Buvigneri**, *id.*, 12.
— **liasina**, *id.*, 12.
Orthostoma turgida, *id.*, 12.
Phasianella nana, *id.*, 12.
Cerithium acuticostatum, *id.*
— **rotundatum**, *id.*, 12.
— **Jobæ**, *id.*, 12.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea læviuscula, *Sow.*
— **irregularis**, *Munst.*, 12, 13, 14, 16.
Plicatula Hettangiensis, *Terq.*
Hinnites Orbignyanus, *id.*
Lima Hermanni, *Voltz.*, 12, 13.
— **plebeia**, *Ch. et Dew.*, 12.
Lima tuberculata, *Terq.*, 12, 13.
— **punctata**, *Desh.*, 12, 13, 14.
— **nodulosa**, *Terq.*
— **Hettangiensis**, *id.*, 12, 13.
— **Omaliusi**, *Ch. et Dew.*, 12, 13.
— **gigantea**, *Sow.*, 12, 13.
— **dentata**, *Terq.*, 12, 13.
Mytilus glabratus, *Dkr.*
— **productus**, *Terq.*
— **rusticus**, *id.*
Cardita Heberti, *id.*
Astarte consobrina, *Ch. et Dew.*, 12.
Cardinia Deshayesea, *Terq.*
— **Morisi**, *id.*, 12.
— **angustiplexa**, *Ch. et Dew.*, 12.
— **gibbosa**, *id.*, 12.
Cardium Philippianum, *Terq.*, 12.
Hettangia Deshayesea, *id.*
Solen Deshayesi, *id.*, 12.

ÉCHINODERMES.

Pentacrinus scalaris, *Ch. et Dew.*

ANTHOZOAIRES.

Montlivaltia Haimeï, *Ch. et Dew.*, 12.

12. *Liste des fossiles de la marne de Jamoigne, extraite d'un mémoire de MM,* PIETTE *et* TERQUEM.

CÉPHALOPODES.

Ammonites angulatus, *Schlot.*
— **Hagenovi**, *Dkr.*, 13.

GASTÉROPODES.

Littorina clathrata, *Desh.*, 13.
— **Arduennensis**, *Pict.*
Turritella Deshaysea, *Terq.*
— **Zenkeni**, *id.*, 11, 13.
— **Dunkeri**, *id.*, 11, 13.
Tornatella inermis, *id.*, 13.
— **secale**, *id.*, 11, 13.
— **milium**, *id.*
— **Buvigneri**, *id.*, 11.
— **liasina**, *id.*, 11.
Orthostoma avena, *id.*, 13.
— **turgida**, *id.*, 11.

Orthostoma Oryza, *Terq.*
— frumentum, *id.*, 13.
Trochus acuminatus, *Ch. et Dew.*, 13
intermedius, *id.*
Phasianella nana, *Terq.*, 11.
Turbo atavus, *Ch. et Dew.*
— Nysti, *id.*
— costellatus, *Terq.*
solarium, *Piet.*
Pleurotomaria basilica, *Ch. et Dew.*
— cognata, *id.*
Heliciformis, *Desl.*
— Hettangiensis, *Terq.*
— rustica, *Ch. et Dew.*
— Vanderbachi, *Terq.*
Cerithium Jobæ, *id.*, 11.
gratum, *id.*
— Etalense, *Piet.*
acuticostatum, *Terq.*
verrucosum, *id.*, 13.
rotundatum, *id.*, 11.
Terquemi, *Piet.*, 13.
— porulosum, *Terq.*, 13.
Dentalium compressum, *d'Orb.*

BRACHIOPODES.

Terebratula perforata, *Piet.*, 13, 14, 15, 16, 17
Rhynchonella variabilis, *Schlot.*, *sp.* 13. 14. 15, 16, 17.
— calcicosta, *Quenst.*
Lingula metensis, *Terq.*

LAMELLIBRANCHES.

Anomia irregularis, *Terq.*
pellucida, *id.*, 13.
Ostrea Marmorai, *Haime*, 13.
— laeviuscula, *Sow.*
— irregularis, *Mu.*, 11, 13, 14, 16.
Harpax liasinus, *Terq.*, 13.
Plicatula Hettangiensis, *id.*, 13.
Hinnites Orbignyanus, *id.*, 13.
Pecten punctatissimus, *Quenst.*
— calvus, *Goldf.*, 13.
Lima inæquistriata, *Mu.*
tuberculata, *Terq.*, 11, 13.
— Hermanni, *Voltz*, 11, 13.
punctata, *Desh.*, 11, 13, 14.
plebeia, *Ch. et Dew.*, 11.
Omaliusi, *id.*, 11.
Hausmanni, *id.*
— Hettangiensis, *Terq.* 11, 13.
— gigantea *Sow.*, 11, 13.
— fallax, *Ch. et Dew.*
— dentata, *Terq.*, 11, 13.
— compressa, *id.*
Limea duplicata, *Mu.*
— Koninckiana, *Ch. et Dew.*, 13.
Avicula Buvignieri, *Terq.*, 13.
— Alfredi, *id.*

Arca pulla, *Terq.*
Mytilus rusticus, *id.*, 13.
— Terquemianus, *Ryckh.*
Pinna Hartmanni, *Zieten*, 17.
— fissa, *Goldf.*
— inæquistriata, *Terq.*
Cardinia elliptica, *Aq.*
— unionides, *id.*
— porrecta, *Ch. et Dew.*, 13.
— Morisi, *Terq.*
— lamellosa, *Goldf.*
— gibbosa, *Ch. et Dew.*, 11.
Deshayesea, *Terq.*
— angustiplexa, *Ch. et Dew.*, 11.
— Amygdala, *Aq.*
Cardita Heberti, *Terq.*
Astarte consobrina, *Ch. et Dew.*, 11.
— irregularis, *Terq.*, 13.
— cingulata, *id.*, 13.
Cypricardia inclusa, *id.*, 13.
Lucina liasina, *Aq.*, 13.
— problematica, *Terq.*
— arenacea, *id.*
Cardium Philippianum, *Dkr.*, 11.
Hettangia Deshaysea, *Terq.*, 9.
Solen Deshayesi, *id.*, 11.
Pleuromya crassa, *id.*
— Dunkeri, *Dkr.*

BRYOZOAIRES.

Berenicea striata, *Haime.*

VERS.

Serpula socialis, *Goldf.*, 13, 14, 19.
— limax, *id.*, 13, 19.
flaccida, *Munst.*
— volubilis, *id.*

ÉCHINODERMES.

Cidaris Edwarsi, *Wrigth*
Pentacrinus scalaris, *Goldf.*
— tuberculatus, *Mill.*

ANTHOZOAIRES.

Montlivaltia Guettardi, *Df.*
Haimei, *Ch. et Dew.*, 11.

PROTOZOAIRES.

Dentalina pyriformis, *Terq.*
primæva, *d'Orb.*
Frondicularia pulchra, *Terq.*
— hexagona, *id.*
Marginulina prima, *d'Orb.*

13. *Liste des fossiles de la marne de Strassen et du calcaire sableux d'Orval, extraite d'un mémoire de* MM. PIETTE *et* TERQUEM.

CÉPHALOPODES.

Belemnites brevis, *Blainv.*
Nautilus affinis, *Ch. et Dew.*
Ancyloceras etalensis, *Piet.*

Ammonites bisulcatus, *Brug.*
rariicostatus, *Ziet.*
Conybeari, *Sow.*
— Carusensis, *d'Orb.*
Hagenovi, *Dkr.*, 12.

GASTÉROPODES.

Ampullaria angulata, *Desh.*
Melania Theodori, *Terq.*
— Usta, *id.*
Littorina clathrata, *Desh.*, 12.
Turritella Zenkeni, *Dkr.*, 11, 12.
— Dunkeri, *id.*, 11, 12.
— Deshayesea, *Terq.*
Phasianella nana, *id.*
— rotellæformis, *Dkr.*
Tornatella inermis, *Terq.*, 12.
— secale, *id.*, 11, 12.
Orthostoma avena, *id.*, 12
— triticum, *id.*
— frumentum, *id.*, 12.
Neritina cannabis.
Trochus acuminatus, *Ch. et Dew.*, 12.
Pleurotomaria cœpa, *Desl.*
— densa, *Terq.*
Rostellaria dubia, *id.*
Cerithium Terquemi, *Piet.*, 12.
— verrucosum, *Terq.*, 12.
— Quinetteum, *Piet.*
— paludinare, *Terq.*
— porulosum, *id.*, 12.
— Dumonti, *Ch. et Dew.*

BRACHIOPODES.

Terebratula perforata, *Piet.*, 12, 14, 15, 16, 17.
Spiriferina Walcotti, *Sow.*
— rostrata, *Piet.*
Rhynchonella variabilis, *Schlot.*, *sp.* 12, 13, 14, 15, 16.
— tetraedra, *Sow.*, *sp.* 14. 16, 17.
Lingula Voltzi, *Terq.*

LAMELLIBRANCHES.

Anomia pellucida, *Terq*, 12.
— irregularis, *id.*
Ostrea arcuata, *Lmk.*
— irregularis, *Munst*, 11, 12, 14, 16.
— læviuscula, *id.*
— Marmorai, *Haime*, 12.
Plicatula Hettangiensis, *Terq*, 12.
— lineolata, *Desh.*
Harpax liasinus, *Terq.*, 12.
Hinnites Orbignyanus, *id.*
Pecten textorius, *Mu.*, 14. 16, 17, 19.
— disciformis, *Schub.*, 14, 16.
— lugdunensis.
— texturatus, *Munst.*
— vimineus, *Sow.*
— punctatissimus, *Quenst.*
— dispar, *Terq.*
— calvus, *Goldf.*, 12.
Lima tuberculata, *Terq*, 11, 12.
— punctata, *Desh.*, 11, 12, 14.
— gigantea, *Sow.*, 11, 12.
Lima Hettangiensis, *Terq*, 11, 12.
— dentata, *id.*, 11, 12
— Hermanni, *Voltz*, 11, 12.
— nodulosa, *Terq.*
— amœna, *id.*
Limea Koninckiana, *Ch. et Dew*, 12.
Avicula Sinemuriensis, *d'Orb.*, 14, 15. 16.
— Buvigneri, *Terq*, 12.
Mytilus rusticus, *id*, 12.
Pinna Hartmanni, *Ziet*, 12.
— fissa, *Goldf*, 12.
Cardita Heberti, *Terq.*
— tetragona, *id.*
Cardinia Copides, *Ryckh.*
— exigua, *Terq.*
— infera, *Ag.*
— Listeri, *Sow.*
— plana, *Ag.*
— scapha, *Terq.*
— crassiuscula, *Sow.*
— Fischeri, *Terq.*
— gigantea, *Quenst*, 14.
— concinna, *Sow.*
— porrecta, *Ch. et Dew*, 12.
— sublamellosa, *Goldf.*
— Terquemi, *Desh.*
Astarte cingulata, *Terq*, 12.
— irregularis, *id.*, 12.
Cypricardia triangularis.
— inclusa, *Terq*, 12.
Lucina plana, *Ziet.*
— arenacea, *Terq*, 12.
— liasina, *Ag.*
Cardium Philippianum, *Dkr.*
Hettangia Deshayesea, *Terq.*
— ovata, *id.*
Isodonta Engelhardti, *id.*
— scabra, *id.*
Saxicava arenicola, *id.*
— fabacea, *id.*
— nitida, *id.*
— rotundata, *id.*
Pholadomya ventricosa. *Ag.*

VERS.

Serpula socialis, *Goldf.*, 12, 14. 19.
— limax, *id.*, 12, 19.
— flaccida, *id.*, 12.

ÉCHINODERMES.

Cidaris Edwarsdi.
Pentacrinus scalaris.

ANTHOZOAIRES.

Montlivallia Guettardi, *Defr.*
Isastrea Orbignyi, *Ch. et Dew.*
— Condeana, *id.*

14. *Liste des fossiles du grès de Virton, extraite d'un mémoire de M.* Chapuis.

CÉPHALOPODES.

Nautilus aratus, *Schl.* 17.
Ammonites Guibalianus, *d'Orb.*
— multicostatus, *Sow.*
— obtusus, *id.*
Ammonites Valdani, *d'Orb.*

GASTÉROPODES.

Pleurotomaria expansa, *Sow.*, 16.
— multicincta, *Ziet.*

BRACHIOPODES.

Terebratula numismalis, *Lmk.*
— punctata, *Sow.*, 15. 16.
— subpunctata, *Dav.*
— subovoïdea, *Roem.*
Spirifer oxypterus, *Buv.*
— rostratus, *Schl.*, 15. 16.
Rhynchonella variabilis, *Schl.*, *sp.*, 12. 13. 15. 16. 17.
— Buchii, *Roem.*, *sp.*
— tetraedra, *Sow.*, *sp.* 13. 16. 17
Lingula Voltzii, *Terq.*, 16. 17.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea (gryphaea) cymbium, *Lmk.*, *sp.* 15. 16.
— irregularis, *Munst.*, 11. 12. 13. 16.
Pecten acuticosta, *Lmk.*, 16.
— aequivalvis, *Sow.*, 16.
— disciformis, *Schl.*, 13. 16.
— priscus, *id.*, 16.
Pecten textorius, *id.*, 13. 16. 17. 19.
Lima duplicata, *Sow.*, *sp.* 19.
— punctata, *id.*, 11. 12. 13.
Avicula sinemuriensis, *d'Orb.*, 13. 15. 16.
Mytilus scalprum, *Sow.*, 16.
Pinna inflata, *Chap. et Dew.*
Cardinia gigantea, *Quenst.*
— Koninckì, *Chap. et Dew.*
— Ryckholti, *Chap.*
Pleuromya Candezei, *id.*
— glabra, *Ag.*
— rugosa, *Chap.*
Pholadomya Davreuxi, *Ch. et Dew.*
— Deshayesi, *id.*
— Dumonti, *id.*
— Hausmanni, *Goldf.*, 16.
— Nysti, *Ch. et Dew.*
— Voltzi, *Ag.*

VERS.

Serpula socialis, *Goldf.*, 12. 13. 19.

15. *Liste des fossiles du schiste d'Ethe, extraite d'un mémoire de M.* Chapuis.

CÉPHALOPODES.

Ammonites capricornus, *Schl.*, 16.
— Davaei, *Sow.*
— fimbriatus, *id.*
— Henlei, *id.*, 16.
— hybridus, *d'Orb.*, 16.
— Jamesoni, *Sow.*
— margaritatus, *Montf.*
— Zieteni, *Oppel.*

BRACHIOPODES.

Terebratula punctata, *Sow.*, 14. 16.
Spirifer rostratus, *Schl.*, 14. 16.
Rhynchonella variabilis, *Schl.*, *sp.* 14. 16. 17.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea (gryphaea) cymbium, *Lmk.*, 14. 16.
Avicula sinemuriensis, *d'Orb.*, 14, 16.

16. *Liste des fossiles du macigno d'Aubange, extraite d'un mémoire de M.* Chapuis.

CÉPHALOPODES.

Belemnites abbreviatus, *Mill.*
— clavatus, *de Bl.*
— paxillosus, *Schl.*, 17.
— umbilicatus, *de Bl.*
Ammonites armatus, *Sow.*
— brevispena, *id.*
— capricornus, *Schl.*, 15.
— Henlei, *Sow.*, 15.
— hybridus, *d'Orb.*, 15.
— Loscombi, *id.*
— spinatus, *Brug.*

GASTÉROPODES.

Turbo cyclostoma, *Buv.*
— minax, *Ch. et Dew.*
Pleurotomaria expansa, *Sow.*, 14.
Cerithium subcurvicostatum, *Desl.*

BRACHIOPODES.

Terebratula punctata, *Sow.*, 14. 15.
Spirifer rostratus, *Schl.*, *sp.* 14. 15.
Rhynchonella acuta, *Sow.*, *sp.*
— tetraedra, *Sow.*, 13. 14. 17.
Rhynchonella variabilis, *Schl.*, *sp.* 12. 13. 14. 15. 17.
Lingula sacculus, *Ch. et Dew.*

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea (Gryphaea) cymbium, *Lmk.*, 14. 15.
— irregularis, *Munst.*, 11. 12. 13. 14.
Plicatula pectinoïdes, *Lmk.*, *sp.* 17.
Pecten acuticosta, *id.*, 14.
— aequivalvis, *Sow.*, 14.
— disciformis, *Schubl.*, 13. 14.
— priscus, *Schl.*, 14.
— textorius, *id.*, 13. 14. 17. 19.
Avicula Cygnipes, *Phil.*
— sinemuriensis, *d'Orb.*, 13. 14. 15.
Nucula inflexa, *Quenst.*
Mytilus scalprum, *Sow.*, 14.
Astarte Voltzii, *Terq.*
Tancredia (Hettangia) lucida, *id.*
Ceromya cricina, *Ag.*, 19.
— gregaria, *Roem.*, *sp.*
Pleuromya unionides, *Roem.*
— rostrata, *Ag.*
— Alduini, *Brat.*, 17. 19.
Pholadomya decorata, *Hartm.*
— foliacea, *Ag.*
— Hausmanni, *Goldf.*, 14.
— Roemeri, *Ag.*

17. *Liste des fossiles des marnes et des schistes de Grandcour, extraite d'un mémoire de M.* Chapuis.

CÉPHALOPODES.

Belemnites acuarius, *Schl.*
— compressus, *Voltz*, 18.
— incurvatus, *Ziet.*
— irregularis, *Schl.*
— paxillosus, *id.*
Nautilus aratus, *id.*
Ammonites aalensis, *Ziet.*
— bifrons, *Brug.*
— Braunianus, *d'Orb.*
— Comensis, *de Bl.*
— communis, *Sow.*
— complanatus, *Brug.*
— concavus, *Sow.*
— cornucopiæ, *Y. et B.*
— heterophyllus, *Sow.*
— Holandrei, *d'Orb.*
— serpentinus, *Schl.*
— mucronatus, *d'Orb.*
— radians, *Rein*, 18.
— Raquinianus, *d'Orb.*
— variabilis, *id.*

GASTÉROPODES.

Orthostoma pisolina, *Buv.*
Turbo subduplicatus, *d'Orb.*
Cerithium armatum, *Münst.*
— truncatum, *id.*

BRACHIOPODES.

Terebratula resupinata, *Sow.*
Rhynchonella variabilis, *Schl.*, sp. 16.
— tetraedra, *Sow.*, sp. 13, 14, 16.
Lingula longo-viciensis, *Terq.*

LAMELLIBRANCHES.

Plicatula pectinoïdes, *Lmk.*, 16.
Pecten paradoxus, *Goldf.*
— textorius, *Schl.*, 13, 14, 16, 19.
Lima proboscidea, *Sow.*, sp. 19.
Avicula substriata, *Ziet.*
Posidonomya Bronni, *Voltz.*
Inoceramus amygdaloïdes, *Goldf.*
Arca elegans, *Roem.*
— inæquivalvis, *id.*
Nucula amœna, *Ch. et Dew.*
— Omaliusi, *id.*
— subglobosa, *Roem.*
— subtrigona, *id.*
Astarte subtetragona, *id.*
Lucina elegans, *id.*
Pleuromya Alduini, 16, 19.

18. *Liste des fossiles de l'oolite ferrugineuse du Mont-Saint-Martin, extraite d'un mémoire de M.* Chapuis.

CÉPHALOPODES.

Belemnites giganteus, *Schl.*, 19.
— compressus, 17.
Ammonites Levesquei, *d'Orb.*
— radians, 17.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea Phædra, *d'Orb.*
— polymorpha, *Münst.*
— sandalina, *Goldf.*, 19.
Pecten Germaniæ, 19.
— obscurus, *Phil.*
Lima proboscidea, *Sow.*, sp. 19.
Gervillia tortuosa, *Phil.*
Trigonia costellata, *Ag.*
— tuberculata, *id.*
Mytilus plicatus, *Sow.*, sp.
Pinna fissa, *Goldf.*
Astarte lurida, *Sow.*
Ceromya cordiformis, *Ag.*
— Koninckí, *Chap.*
— pinguis, *Ag.*
— Queteleti, *Ch.*

19. *Liste des fossiles du calcaire de Longwy, extraite d'un mémoire de M.* Chapuis.

CÉPHALOPODES.

Belemnites giganteus, *Schl.*, 18.
— apiciconus, *de Bl.*
Nautilus clausus, *d'Orb.*
Ammonites Blagdeni, *Sow.*
— Martinsi, *d'Orb.*
— Murchisonæ, *Sow.*
— Sowerbyi, *Mill.*

GASTÉROPODES.

Chemnitzia procera, *d'Orb.*
— Heddingtonensis, *id.*
Turbo ditior, *Ch. et Dew.*
Pleurotomaria mutabilis, *Desl.*
— Phine, *Ch. et Dew.*
— giroplata, *Desl.*

BRACHIOPODES.

Terebratula perovalis, *Sow.*
— subbucculenta, *Ch. et Dew.*
Rhynchonella Davidsoni, *id.*
Langleti, *id.*
Niobe, *id.*
obsoleta, *Sow.*, *sp.*
Pallas, *Ch. et Dew.*
Lingula Beani, *Phil.*

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea explanata, *Goldf.*
— subcrenata, *id.*
— sandalina, *Goldf.*, 18.
— Marshi, *Sow.*
— obscura, *id.*
Pecten articulatus, *Schl.*
— demissus, *Phil.*
— germaniæ, *d'Orb.*, 18.
— personatus, *Goldf.*
— Saturnus, *d'Orb.*
— textorius, *Schl.*, 13, 14, 16, 17.
Lima alticosta, *Ch. et Dew.*
— duplicata, *Sow.*, 14.
— proboscidea, *id.*, 18.
— semicircularis, *Goldf.*
Avicula digitata, *Desl.*
— echinata, *Sow.*
Arca oblonga, *Sow.*, *sp.*
Trigonia signata, *Ag.*
Mytilus gibbosus, *Sow.*, *sp.*
Lithodomus Waterkeyni, *Ch. et Dew.*
Tancredia donaciformis, *Lyc.*
Ceromya conformis, *Ag.*
— erycina, *id.*, 16.
— latior, *id.*
— concentrica, *id.*
Ceromya lunulata, *Ag.*
— major, *id.*
— striato-punctata, *Münst.*
— truncata, *Ag.*
Pleuromya Alduini, *Brgt.*, 16, 17.
— decurtata, *Ag.*
— angusta, *id.*
— elongata, *Munst.*
— Helena, *Ch. et Dew.*
— sinuosa, *Roem.*
— tenuistria, *Münst.*
Pholadomya, bucardium, *Ag.*
— Vezelayi, *Lajoye.*
— media, *Ag.*
— Murchisonæ, *Sow.*
— socialis, *Morr. et Lyc.*
— triquetra, *Ag.*
— Zieteni, *di.*
— Terquemi, *Ch. et Dew.*

VERS.

Serpula filaria, *Goldf.*
— limax, *id.*
— socialis, *id.*, 13, 14.
— tricarinata, *id.*

ÉCHINODERMES.

Clypeus sinuatus, *Leske.*
Holectypus depressus, *id.*
Echinus bigranularis, *Lmk.*
- subconoideus, *Desor.*
Pedina gigas, *Ag.*
Cidaris Wrigthii, *Desor.*

ANTHOZOAIRES.

Isastrea Bernardiana, *d'Orb.*
— limitata, *Edw. et H.*
Thamnastrea Dumonti, *Ch. et Dew.*

6e *Section.* — TERRAIN CRÉTACÉ.

20. *Liste des fossiles des sables d'Aix-la-Chapelle, extraite d'un travail de M.* BOSQUET (1).

GASTÉROPODES.

Turritella nodosa, *A. Roem.*, 21.
— quadricincta, *Goldf.*, 21.
— sexcincta, *id.*, 21.
— multilineata, *Mull.*, 21.
— carnaliana, *id.*, 21.
— gothica, *id.*, 21.
- noeggerathiana, *Goldf.*, 46.
Globiconcha nana, *Mull.*
Natica vulgaris, *A. Roem.*, 21.
— acutimargo, *id.*
— Klippsteini, *Müll.*, 21.
— exaltata, *Goldf.*, 57.
Xenophora onusta, *Bsq.*, 21, 23.
Trochus quinquecostatus, *id.*, 21.
— quadricinctus, *id.*
Turbo lævis, *Nilss.*, *sp.*
— concinnus, *A. Roem.*, *sp.*
— Walferdini, *d'Arch.*
— paludinæformis, *Mull.*, 21.
Pleurotomaria subgigantea, *d'Orb.*
Aporrhais Westphalica, *id.*, *sp.* 21.
Capulus militaris, *Müll.*
— cariniier, *id.*
— Trocheli, *id.*
Dentalium ellipticum, *Sow.*, 21.
— glabrum, *Mull.*, 21.
— alternans, *de Ryckh.*
Bulla Mulleri, *Bsq.*, 21.
— Palassoui, *d'Arch.*

(1) Cette liste et les trois suivantes sont extraites du grand travail que M. Bosquet a inséré dans le *Bodem van Nederland* de M. Staring. Je n'ai pas reproduit les nombreux détails de synonymie et de gisement donnés par M. Bosquet, ni les noms que le savant paléontologiste avait affectés d'un point de doute.

Une grande partie des fossiles de ces quatre listes ont été recueillis sur les territoires néerlandais et prussien, mais près des frontières de la Belgique et dans des dépôts traversés par cette frontière. J. J. O. H.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea Brouni, 21.
— vesicularis, 22.
Janira æquicostata.
— quadricostata, 21, 22, 23.
Pecten lævis, *Nilss*, 21, 2, 23.
Gervillia solenoïdes, *Defr.*, 21, 22.
Inoceramus Cripsii, *Mant.*, 21, 22.
Arca exaltata, *Nilss.*
— subglabra, *d'Orb.*
— Kaltenbachi, *Mull.*
— aquisgranensis, *id.*
Limopsis Hœningbausi, *id.*, *sp.* 21, 22.
Pectunculus lens, *Nilss*, 21.
Cucullæa Goldfussi, *Mull.*
Nucula tenera, *id.*, 21.
Leda acutissima, *id.*, 21.
— Forsteri, *id.*, *sp.* 21.
— siliqua, *Goldf.*, *sp.*
Trigonia limbata, *d'Orb.*, 21.
— subexcentrica, *id.*
Mytilus Debeyanus, *Bsq.*
Cyprina Mulleri, *id.*
Lucina tenuis, *Mull.*, 21.
Artemis Lenticularis, *Bsq.*, 21.
Cardium Becksii, *Mull.*, 21.
— alutaceum, *Goldf.*, 21.
Isocardia trigona, *A. Roem.*
Tellina Royana, *d'Orb.*
Arcopagia strigata, *Goldf.*, 21.
— costulata, *id.*, *sp.* 21.
Venus immersa, *Mull.*, 21.
— subplana, *d'Orb.*, 21.
— subfaba, *id.*, 21.
— subovalis, *id.*, 21.
Panopæa Goldfussi, *id.*
Goniomya designata, *Goldf.*, 21, 23.
Clavagella elegans, *Mull.*, 21.

CRYPTOGAMES AMPHIGÈNES.

Confervites aquensis, *Debey et Ettinghausen.*
— cæspitosus, *id.*
— ramosus, *id.*
Caulerites bryoïdes, *id.*
Halysirites gracilis, *id.*
Neurosporangium undulatum, *id.*
Laminarites polystigma, *id.*
Chondrites jugiformis, *id.*
— divaricatus, *id.*
— elegans, *id.*
— vagus, *id.*
— subcontricatus, *id.*
— rigidus, *id.*
Lochmophycus caulerpoïdes, *id.*
Phycoïdes sericeus, *id.*
Opegraphites striato-punctatum, *D.*
Æcidites stellatus, *D. et E.*
Himantites alopecurus, *id.*
Sphærites solilarius, *id.*
Hysterites dubius, *id.*

CRYPTOGAMES ACROGÈNES.

Muscites cretaceus, *D. et E.*
Didymosorus comptoniæfolius, *id.*
— varians, *id.*
— gleichenioïdes, *id.*
Gleichenia protogea, *D. et E.*
Asplenium Brongniarti, *id.*
— Foersteri, *id.*
— cænopteroïdes, *id.*
Adiantites Decaisneanum, *id.*
— cassebecroïdes, *id.*
Lygodium cretaceum, *id.*
Danæites Schlottheimi, *id.*
Bonaventura cardinalis, *id.*
Carolopteris aquensis, *id.*
— asplenoïdes, *id.*
Monheimia polypodioïdes, *id.*
— aquisgranensis, *id.*
Zonopteris Goepperti, *id.*
Benizia calopteris, *id.*
Raphaelia neuropteroïdes, *id.*
Pteridoleimma Elisabethæ, *id.*
— Ritzianum, *id.*
— Koninckianum, *id.*
— Benincasæ, *id.*
— Pecopteroïdes, *id.*
— orthophyllum, *id.*
— Heissianum, *id.*
— Haidingeri, *id.*
— Michelisi, *id.*
— Serresi, *id.*
— aneimiæfolium, *id.*
— dubium, *id.*
— Waterkeini, *id.*
— ambiguum, *id.*
— Kaltenbachi, *id.*
— deperditum, *id.*
— gymnorachia, *id.*
— odonpteroïdes, *id.*
— liptophyllum, *id.*
— pseudodianthum, *id.*
— dictyoïdes, *id.*
— arborescens, *id.*
Rhacoglosum heterophyllum, *D.*
— dentatum, *id.*

PHANÉROGAMES MONOCOTYLÉDONES.

Zosterites Miqueli, *D.*
— vittata, *id.*
— æquinervis, *id.*
Nechalea serrata, *id.*
— petiolata, *id.*
— lobata, *id.*

PHANÉROGAMES DICOTYLÉDONES.

Cycadopsis aquisgranensis, *D.*
— Monheimi, *id.*
— araucarina, *id.*
— Foersteri, *id.*
— Ritzi, *id.*
Mithropicea Noeggerathi, *id.*
— Decheni, *id.*
Belodendron Neesii, *id.*
— lepidendroïdes, *id.*
— gracile, *id.*
Bowerbankia attenuata, *id.*
— emarginata, *id.*
— repanda, *id.*
— maxima, *id.*
— rotundifolia, *id.*

21. *Liste des fossiles du système de la Smectite de Herve (Herfsche zand), extraite d'un travail de M.* Bosquet.

POISSONS.

Corax pristodontus, *Ag.*, 22, 23.
— heterodon, *id.*, 22, 23.
Otodus latum, *id.*, 22, 23.

CRUSTACÉS.

Oncoparea Bredai, *Bsq.*
Cythereis latieristata, *id.*, 22.
— serrulata, *id.*, 22, 23.
— ornata, *id.*, 22, 23.
— ornatissima, *Reuss.*, 22.
Cythere, pulchella *Bsq.*, 22, 23.
— concentrica, *id.*, 22, 23.
Bairdia arcuata, *Munst.*, *sp.* 22, 23.
— subdeltoïdes, *id.*, 22, 23.
Cytherella Williamsonia, *Jones*, 22.
— Munsteri, *Roem.*, *sp.* 22, 23.
— ovata, *id.*, 22, 23.
Scalpellum maximum, *Sow.*, 22, 23.
— solidulum.

CÉPHALOPODES.

Belemnitella quadrata, *Blainv.*, *sp.*
Rhyncholites Debeyi, *Mull.*, 22, 23.
Baculites anceps, *Lmk.*, 23.
— nodosus, *Mull.*
— Knorri, *Dum.*
Hamites cantenatus, *Brgt.*
Scaphites constrictus, *d'Orb.*, 23.
— compressus, *Roem.*
Rissoa incrassata, *Mull.*
— Winkleri, *id.*
— Bosqueti, *id.*
Scalaria striato-costata, *id.*
— Philippii, *Reuss.*
— macrostoma, *Mull.*
— Ritzi, *id.*
Turritella nodosa, *Roem.*, 20, 23.
— quadricincta, *Goldf.*, 20.
— quinquelineata, *Mull.*
— Hagenoviana, *Goldf.*
— sexcincta, *id.*, 20.
— Roussiana, *Mull.*
— multilineata, *id.*, 20.
— carnalia, *id.*, 20.
— gothica, *id.*, 20.
— microscopica, *id.*
— socialis ? *id.*
— scalaris, *id.*
— Eichwaldiana, *Goldf.*
— affinis, *Mull.*
— Omaliusi, *id.*, 23.
— acutissima, *id.*
— Noeggerathiana, *Goldf.*, 20.
— Althausi, *Mull.*
— Humboldti, *id.*
— acanthophora, *id.*
— alternatus, *Roem.*
— cingulato-lineata, *Müll.*
— Buchiana, *id.*
— tenuilineata, *id.*
Vermetus cochleiformis, *id.*
Chemnitzia bulimoïdes, *id.*
— turritellæformis, *id.*
— Mülleri, *Bsq.*
Eulima acuminata, *Mull.*
— lagenalis, *id.*
Actæon giganteus, *Sow.*
Actæon Mulleri, *Bsq.*
— doliolum.
— cylindraceus, *Mull.*
— bullæformis, *id.*
— acutissimus, *id.*
— coniformis, *id.*
Avellana archiacana, *d'Orb.*
— paradoxa, *Mull.*
— Humboldti, *id.*
— Hagenovi, *id.*
— pygmæa, *Bsq.*
Volvaria tenuis, *Reuss.*
Ringicula pinguis, *Mull.*
Natica vulgaris, *Roem.*, 20.
— Klypsteini, *Mull.*, 20.
— Geinitzi, *id.*
Naticella Strombecki, *id.*
Xenophora onusta, *Bsq.*
Trochus quinquecostatus, *Bsq.*, 20.
— quadricinctus, *id.*, 20.
Turbo paludinæformis, *Mull.*, 20.
— glaber, *id.*
Pleurotomaria subgigantea, *d'Orb.*, 20.
— linearis, *Mant.*
Voluta Orbigniana, *Müll.*
— Mulleri, *Bsq.*
— nitidula, *Mull.*
— Benedeni, *id.*
— laticostata, *id.*
Mitra Murchisoni, *id.*
— nana, *id*
— pyrulæformis, *id.*
Cancellaria Staringi, *Bsq.*
Conus cylindraceus, *Gein.*
Strombus inermis, *Mull.*
Rostellaria papilionacea, *Goldf.*
— inornata, *d'Orb.*
— Roemeri, *Mull.*
— minuta, *id.*
Aporrhais stenoptera, *Golfd.*, *sp.*
— Staringi, *Bsq.*
— anserina, *Nilss.*
— vespertilio, *Goldf.*, *sp.*
— Westphalica, *d'Orb.*, *sp.*, 20.
— striata, *Goldf.*, *sp.*
— furia, *Mull.*, *sp.*
— Nilssoni, *id.*
— granulosa, *id.*
— arachnoides, *id.*
— Schlottheimii ? *Roem.*
— subelongata ? *d'Orb.*
Pleurotoma Heysiana, *Mull.*
Fusus Mulleri, *Bsq.*
— Buchi, *Mull.*
— Decheni, *id.*
— Salm Dyckianus, *id.*
— Nysti, *id.*
— Dunkeri, *id.*
— Budgei, *id.*
— Goepperti, *id.*
— Hupschianus, *id.*
— tenerrimus, *id.*
— nanus, *id.*
— muriciformis, *id.*
— nodosus, *Reum.*
— indutus, *Goldf.*, *sp.*
Pyrula fenestrata, *Roem.*
— minima, *Hoeningh.*
— rigida, *Mull.*, *sp.*
Spirilla Monheimi, *Bsq.*
— Burkhardi, *id.*
— Beuthiana, *id.*

Spirilla planulata, *Bsq.*
Murex pleurotomoides, *Mull.*
Tritonium cretaceum, *id.*
Cerithium subfasciatum, *d'Orb.*
— faveolatum, *Mull.*
— Sartori, *id.*
— Geinitzi, *id.*
— binodosum, *Roem.*
— Nerei, *Goldf.*
— Ryckholti, *Mull.*
Buccinum Steiningeri, *id.*
Cassidaria cretacea, *id.*
Crepidula cretacea, *id.*
Dentalium ellipticum? *Sow.*, 20.
— glabrum, *Mull.*, 20.
— cidaris, *Gein.*
Bulla Mulleri, *Bsq.*, 20.
— Palassoui, *d'Arch.*, 20.
— Archiaci, *Bsq.*

BRACHIOPODES.

Thecidium digitatum, 23.
Rhynchonella depressa, *Sow.*, *sp.*, 22.
— alata, *Nilss.*, 23.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea armata, *Goldf.*
— Bronni, *Mull.*, 20.
— diluviana, *Linn.*, 22, 23.
— sulcata, *Blumenb.*
— minuta? *Roem.*
— laciniata, *Nilss.*, *sp.*, 22.
— plicata, *Gold.*, *sp.*, 22.
— haliotidea, *Sow.*, *sp.*, 22, 23.
— cornu arietis, *Goldf.*, *sp.*
Janira striato-costata, *id.*, 22, 23.
— quadricostata, *Sow.*, 20, 22, 23.
Pecten lævis, *Nilss.*, 20, 22, 23.
Avicula modiolæformis, *Mull.*
— pectinoides, *Reuss.*
Inoceramus Cripsii, *Mancell.*, 20, 22.
Pectunculus lens, *Nilss.*, 20.
Trigonocœlia galeata, *Bsq.*
Limopsis Hoeninghausi, *Mull.*, *sp.*
Cucullæa texta, *id.*
Nucula pulvilla, *Mull.*
— tenera, *id.*, 20.
— caudata, *id.*
Leda Foersteri, *Mull.*, *sp.*, 20.
— angusta, *Ryckh.*
— acutissima, *Mull.*, 20.
Trigonia limbata, *d'Orb.*
Mytilus aquisgranensis, *Ryckh.*
— tegulatus, *Mull.*
— gryphoides, *id.*
Modiola inflata, *Bsq.*
Myachoncha discrepans, *Mull.*, *sp.*
Pinna quadrangularis, *Goldf.*, 23.
Lithodomus faba, *Mull.*, *sp.*
Astarte cœlata, *Mull.*, 23.
Crassatella rugosa, *id.*
Cyprina Van Reyi, *Bosq.*

Lucina tenuis, *Mull.*, 20.
— Geinitzi, *id.*
Artemis lenticularis, *Bsq.*, 20.
Cardium tubuliferum, *Goldf.*
— Becksii, *Mull.*, 20.
— semipustulosum, *id.*
— Marquarti, *id.*
— alutaceum, *Goldf.*, 20.
— Noeggerathi, *Mull.*
— Benedeni, *id.*
— gibbosum, *id.*
— Bredai, *id.*
Isocardia cretacea, *Goldf.*
Tellina Goldfussi, *A. Roem.*
Venus subovalis, *d'Orb.*, 20.
— subfaba, *id.*, 20.
— tumida, *Mull.*
— subplana, *d'Orb.*, 20.
— nuciformis, *Mull.*
— immersa, *id.*, 20.
Mactra Debeyana, *Bsq.*
— angulata, *Mull.*
Neæra longicauda, *Bsq.*
Corbula substriatula, *d'Orb.*
— lineata, *Mull.*
Poromya obtusa, *Bsq.*
Panopæa Jugleri, *Roem.*
Goniomya designata, *Goldf.*, *sp.*, 20, 23.
Clavagella elegans, *Mull.*, 20.

VERS.

Serpula filiformis, *Sow.*
— Gordialis, *Schlot.*, 22, 23.
— ampullacea, *Sow.*

ÉCHINODERMES.

Cardiaster ananchytis, *Leske*, *sp.*, 22, 23.
Salenia antophora, *Mull.*, 22, 23.
Pentacrinus Agassizi, *Hag.*

ANTHOZOAIRES.

Cyathina Debeyana, *Edw. et H.*

PROTOZOAIRES.

Glandulina cylindracea, *Reuss.*, 22, 23.
Nodosaria Zippei, *id.*, 22, 23
— triquetra, *id.*, 22.
Vaginula costulata, *Roem.*, 22, 23.
Cristellaria rotulata, *d'Orb.*, 22, 23.
Rotalia nitida, *Reuss.*, 22.
— vitrea, 22.
Bulimina variabilis, 22, 23.

PHANÉROGAMES DICOTYLÉDONES.

Thalassocharis Mulleri, *Debey.*

22. *Liste des fossiles de la craie de Hesbaye (Gulpensch kryt), extraite d'un travail de M.* Bosquet.

REPTILES.

Mosasaurus Camperi, *Meyer*, 23.

POISSONS.

Corax pristodontus, *Ag.*, 21, 23.
Corax affinis, *id.*, 22.
— heterodon, *id.*
Otodus latus, *id.*, 20, 23.
Lamna acuminata, *id.*, 23.
Acrodus rugosus, *id.*, 23.
Enchodus Lewesiensis, *Mant.*, *sp.*
— Faujasi, *Ag.*, 23.

CRUSTACÉS.

Cypridina ovulata, *Bsq.*, 23.
Cythereis cristata, *id.*, 23.
— lateristata, *id.*, 21.
— alata, *id.*, 23.
— phylloptera, *id.*
— serrulata, *id.*, 21, 23.
— Ornata, *id.*, 21, 23.
— Koninckiana, *id.*, 23.
— ornatissima, *Reuss*, 21.
— eximia, *Bsq.*, 22.
— hieroglyphica, *id.*, 23.
— longispina, *id.*
Cythere punctatata, *id.*, 23.
— multilamella, *id.*
— pulchella, *id.*, 21, 23.
— interrupta, *id.*, 23.
— concentrica, *Roem.*, 21, 23.
— Favrodiana, *Bsq.*, 23.
Bairdia arcuata, *Munst.*, 21, 23.
— subdeltoidea, *Munst.*, *sp.*, 21, 23.
Cytherella Williamsoni, *Jones*, 21.
— denticulata, *Bsq.*, 23.
— auricularis, *id.*, 23.
— Munsteri, *Roem.*, *sp.*, 21, 23.
— ovata, *id.*, 21, 23.
Mitella fallax, *Darwin*, *sp.*
— glabra, *Roem.*, *sp.*, 23.
— striata, *Du.*, *sp.*
Scalpellum Beisseli, *Bsq.*
— Darwini, *Bsq.*, 23.
— fossula, *Darw.*
— maximum, *Sow.*, 21, 23.
Verruca prisca, *Bsq.*, 23.
Chtalmus Darwini, *id.*

CÉPHALOPODES.

Belemnitella mucronata, *Schlot.*, *sp.* 23.
— lanceolata, *Schlot.*, *sp.*
Rhyncholites Debeyi, *Mull.*, 21, 23.
— aquisgranensis.
Baculites Faujasi, *Lonk.*, 23.
Hamites cylindraceus, *Defr.*, 23.
Scaphites pulcherrimus, *Roem.*
— binodosus, *id.*
— tridens, *Kner.*
— trinodosus, *id.*

GASTÉROPODES.

Nerinea excavata, *Mull.*
Turbo gemmeus, *id.*

BRACHIOPODES.

Terebratula Sowerbyi, *Hag.*, 23.
— Fittoni, *id.*
— carnea, *Sow.*, 23.
Terebratella Knorri, *Bsq.*
— Humboldti, *Hag.*
— elegans, *Sow.*, *sp.*
— Palissei, *Woodw.*, *sp.*
Terebratulina gracilis, *Schlot.*, *sp.*
— striata, *Wahl.*, *sp.*
— Santonensis, *Bsq.*
Megerlea lima, *Defr.*, *sp.*
Magas pumilus, *Sow.*
Argiope microscopica, *Schl.*, *sp.*, 23.
Thecideum papillatum, *id.*, *id.*, 23.
— vermiculare, *id.*, *id.*, 23.
Rhynchonella depressa, *Sow.*, *sp.*, 21.
— alata, *Nilss.*, 21, 23.
— plicatilis, *Sow.*
— limbata, *Schl.*
Crania Hagenovi, *de Kon.*, 23.
— antiqua, *Defr.*
— Davidsoni, *Bsq.*, 23.

LAMELLIBRANCHES.

Anomia verrucifera, *Mull.*
— pellucida, *id.*
Ostrea diluviana, *Linn.*, 21, 23.
— falcata, *Mort.*, 23.
— minuta? *Roem.*, 21.
— Nilssoni, *Hag.*
— hippopodium, *Nilss.*, 23.
— vesicularis, *Lmk.*, 20.
— lateralis, *Nilss.*, 23.
— laciniata, *id.*, 21.
— plicata, *Goldf.*, 21.
— haliotidea? *Sow.*, *sp.*, 21, 23.
Spondylus undulatus, *Reuss.*
— lineatus, *Goldf.*, 23.
Janira striato-costata, *Goldf.*, *sp.*, 21, 23.
— quadricostata, *Sow.*, *sp.*, 20, 21, 23.
Pecten tricostatus, *Mull.*, 23.
— trigeminatus, *Goldf.*, 23.
— pulchellus, *Nilss.*, 23.
— cretosus, *Brot.*, 23.
— divaricatus, *Reuss*, 23.
— membranaceus, *Nilss.*, 23.
— laevis, *id.*, 20, 21, 23.
Inoceramus Cuvieri, *Goldf.*
— Brongniarti, *Mant.*
— Cripsii, *id.*, 20, 21.
— planus, *Munst.*
— concentricus, *Park.*
Gervillea silicula, *Mull.*
Lima Geinitzi, *Hag.*
— dentata, *Mull.*
— inflata, *id.*
— pseudocardium, *Reuss*, 23.
— Hoperi, *Mant.*, *sp.*
— multicostata, *Gein.*
— semisulcata, *Nilss.*, *sp.*, 23.
— tecta, *Goldf.*, 23
Avicula granulosa, *Mull.*
Gastrochaena voracissima, *id.*, 23.

BRYOZOAIRES.

Eschara Lamourouxi, *Hag.*, 23.
— papyracea, *id.*, 23.
— microstoma, *id.*, 23.
Lunulites hagenovi, *Bsq.*, 23.
Porina filograna, *Goldf.*, *sp.*, 23.
Biflustra quadriseriata, *Bsq.*, 23.
Membranipora impressa, *Hag.*, *sp.*
— concatenata, *d'Orb.*, 23.
Lepralia cornuta, *Hag.*, 23.
Melicertites Meudonensis, *d'Orb.*, 23.
Peripora Ligeriensis, *id.*
Spiropora verticillata, *Goldf.*, *sp.*
Entalophora raripora, *d'Orb.*, 23.
Sparsicavea dichotoma, *Goldf.*, 23.
Ceriopora nuciformis, *Hag.*

VERS.

Serpula implicata, *Hag.*, 23.
— gordialis, *Schl.*, 21, 23.
— quadrangularis, *Roem.*
— conica, *Hag.*
— subrugosa, *Munst.*
— prolifera? *Goldf.*
— arcuata, *Munst.*
— umbilicata, *Hag.*
— cincta, *Goldf.*, 23.
— lophioda, *id.*, 23.
— subtorquata, *Schlot.*, 22.

ÉCHINODERMES.

Echinochorys vulgaris, *Breyn.*
Hemipneustes striato-radiatus, *Leske*, *sp.*, 23.
Cardiaster ananchitis, *id.*, 21, 23.

Micraster coranguinum, *id.*, 23.
Hemiaster brevinsculus, *d'Orb.*
— Koninckianus, *id.*
Catopygus lævis, *Ag.*, 23.
— fenestratus, *id.*
— conformis, *Desor.*
Echinobrissus scrobiculatus, *Goldf.*, *sp.*, 23.
Caratomus sulco-radiatus, *id.*
Tetragramma variolare, *Ag.*
Saleuia anthophora, *Mull.*, 21, 23.
Cidaris subvesiculosa, *d'Orb.*
Pentagonaster polygonatus, *Forb.*, *sp.*, 23.
— punctatus, *Hag.*, 23.
— Dunkeri? *Roem.*, 23.
Bourgetocrinus ellipticus, *Mull.*
— æqualis, *d'Orb.*

ANTHOZOAIRES.

Parasmilia centralis, *Edw. et H.*

SPONGIAIRES.

Spongia acus, *Ehr.*
Talpina solitaria, *Hag.*
— ramosa, *id.*
— foliacea, *id.*
— sentiformis, *id.*
Siphonia globulus? *Phil.*

PROTOZOAIRES.

Glandulina cylindracea, *Reuss*, 21, 23.
Nodosaria Zippei, *id.*, 21.
— limbata, *d'Orb.*
Dentalina aculeata, *id.*
— monile, *Hag.*
— subcommunis, *d'Orb.*
— multilineata, *Beissel*, 23.
— sulcata, *Nilss.*, *sp.*, 23.
Frondicularia solea, *Hag.*, 23.
— Verneuilliana, *d'Orb.*
— inversa, *Reuss*, 21, 23.
— triquetra, *id.*, 21.
— striata, *id.*
— radiata, *d'Orb.*
Marginula Nilssoni, *Roem.*

Vaginulina costulata, *id.*, 21, 23.
Cristelleria rotulatas, *d'Orb.*, 21, 23.
— triangularis, *id.*
— navicula, *id.*
Flabellina rugosa, *id.*
Nonionina germanica, *Ehr.*
— inflata? *Alth.*
Spirolina grandis, *d'Orb.*
Rotalia turgida, *Ehr.*, 23.
— stigma, *id.*
— pertusa, *id.*
— perforata, *id.*
— cordieriana, *d'Orb.*, 23.
— nitida, *Reuss*, 23.
— vitrea, *id.*, 23.
Globigerina cretacea.
Planulina Turgida, *Ehr.*
Rosalina ammonoides, *Reuss.*
Verneuillina tricarinata, *d'Orb.*
Bulimina variabilis, *id.*, 21, 23.
Polithea conoidea, *Beissel.*
— lituola, *id.*
Guttulina elliptica, *Reuss*, 23.
Globulina globosa, *id.*, 23.
Polymorphina lacryma, *id.*, 23.
Virgulina tegulata, *id.*
Vulvulina Thebaica, *Ehr.*
Textilaria aciculata, *id.*
— striata, *id.*
— anceps, *Reuss.*
— conulus, *id.*, 23.
— globulosa, *id.*, 23.
— triquetra, *Munst.*
Surirella striatula, *Turp.*
Peridinidium poryforum? *Ehr.*

CRYPTOGAMES AMPHIGÈNES.

Gelidinium trajectomosanum, *Debey.*
Delesserites Thierensi, *Miquel.*

PHANÉROGAMES MONOCOTYLÉDONES.

Thalossocharis Bosqueti, *Debey*, 23.
Halocharis longifolia, *Miquel.*

23. *Liste des fossiles du tuffeau de Maestricht* (*Maestrichtsch kryt*), *extraite d'un travail de M.* Bosquet, *excepté les gastéropodes qui sont tirés d'une monographie de M.* Benkhorst van den Benkhorst.

REPTILES.

Chelonia Hoffmanni, *Gray.*
Mosasaurus Camperi, *Meyer*, 22.
— gracilis, *Owen.*
Goniosaurus Binkorsti, *Meyer.*

POISSONS.

Corax pristodontus, *Ag.*, 21, 22.
— affinis, *id.*, 22.
— heterodon, *id.*, 21, 22.
— planus, *id.*
Galeocerdo denticulata, *id.*
Otodus serratus, *id.*
— latus, *id.*, 21, 22.
— appendiculatus, *id.*
Lamna Bronni, *Bq.*
— acuminata, *Ag.*, 22.

Acrodus rugosus, *id.*, 22.
Sphærodus crassus, *id.*
Pycnodus cretaceus, *id.*
— subclavatus, *id.*
Enchodus Lewesiensis, *Mant.*, *sp.* 22.
— Faujasi, *Ag.*, 22.

CRUSTACÉS.

Mesotylus Faujasi, *Desm.*, *sp.*
Oncoparea heterodon, *Bsq.*
Notopocorystes Mulleri, *Binkh.*
Aulacopodia Riemsdijk, *Bsq.*
Dromilites Ubagsi, *Binkh.*
Stephanometopon granulosum, *Bsq.*
Cypridina ovulata, *id.*, 22.
— Konincki, *id.*
Cythereis cristata, *id.*, 22.
— macroptera, *id.*
— Hagenovi, *id.*

Cythereis minuta, *Bsq.*
— trigonoptera, *id.*
— alata, *id.*, 21, 22.
— serrulata, *id.*, 21, 22.
— Ornata, *id.*, 21, 22
— semicancellata, *id.*
— celleporacea, *id.*
— Koninckiana, *id.*, 22.
— eximia, *id.*, 22.
— horridula, *id.*
— Labyrinthica, *id.*
— hieroglyphica, *id.*, 22.
— variolata, *id.*
Cythere strangulata, *id.*
— gibberula, *id.*
— cerebralis, *id.*
— vesiculosa, *id.*
— puncturata, *id.*, 22.
— subtetragona, *id.*
— radiosa, *id.*
— elegans, *id.*
— propinqua, *id.*
— striato-costata, *id.*
— pulchella, *id.*, 21, 22.
— interrupta, *id.*, 22.
— euglypha, *id.*
— furcifera, *id.*
— concentrica, *Roemer*, 21, 22.
— Favrodiana, *Bsq.*, 22.
— fusiformis, *id.*
Cytheridea perforata, *Rm.*, *sp.*
— ovata, *Bsq.*
— Harrisiana, *Jones.*
Bairdia arcuata, *Munst.*, *sp.* 21, 22.
— subdeltoidea, *Mull.*, *sp.* 21, 22.
Cytherella denticulata, *Bsq.*, 22.
— auricularis, *id.*, 22.
— Munsteri, *Rm.*, *sp.* 21, 22.
— ovata, *id.*, *sp.* 21, 22.
Mitella Smeetsii, *Bsq.*
— lithotryoides, *id.*
— valida, *Steenstrup*, *sp.*
— Guascoi, *Bsq.*
— glabra, *Roem.*, *sp.* 22.
Scalpellum radiatum, *Bsq.*
— Hagenovi, *id.*
— Darwini, *id.*, 22.
— pulchellum, *id.*
— maximum, *Sow.*, 21, 22.
Verruca pusilla, *Bsq.*
— prisca, *id.*, 22.

CÉPHALOPODES.

Belemnitella mucronata, *Schl.*, *sp.*
Rhyncholites Buchii, *Mull.*
— Debeyi, *id.*, 21, 22.
— aquisgranensis, *id.*, 22.
Nautilus Dekayi, *Morton*, 22.
— Danicus, *Schl.*
Baculites Faujasi, *Lmk.*, 22.
— anceps, *id.*, 21.
Hamites cylindraceus, *Defr.*, 22.
Scaphites constrictus, *d'Orb.*, 21.
Aptychus rugosus, *Sharpe.*

GASTÉROPODES.

Scalaria Haidingeri, *Bink.*
Turritella quinquecincta, *Goldf.*, 20, 21.
— plana, *Bink.*
— Omaliusi, *Mull.*, 21.
— nitidula, *Bink.*
— conferta, *id.*
— Falcoburgensis, *id.*
Vermetus clathratus, *id.*
Nerinea ultima, *id.*
Chemnitzia clathrata, *id.*
Actæon granulato-lineatum, *id.*
— cinctus, *id.*

Avellana gibba, *Bink.*
— ventricosa, *id.*
Volvaria cretacea, *id.*
Natica patens, *id.*
— ampla, *id.*
— spissilabrum, *id.*
— Bronni, *id.*
Nerita montis sancti Petri, *id.*
— rugosa, *Hoening.*
— parvula, *Bink.*
Xenophora onusta, *id.*
Trochus Goldfussi, *id.*
— montis sancti Petri, *id.*
— lineatus, *id.*
— sculptus, *id.*
Solarium cordatum, *id.*
— Kunraedtense, *id.*
Delphinula spinulosa, *id.*
Turbo detritus, *id.*
— bidentatus, *id.*
— Strombecki, *id.*
— rimosus, *id.*
— granoso-cinctus, *id.*
— clathratus, *id.*
— rudis, *id.*
— filogranus, *id.*
— cariniferus, *id.*
— reflexus, *id.*
— scalariformis, *id.*
— Herklotsi, *id.*
— granuloso-clathratus, *id.*
— Zekelii, *id.*
Cypræa Deshayesi, *id.*
Voluta deperdita, *Goldf.*
— corrugata, *Bink.*
— Debeyi, *id.*
— monodonta, *id.*
Mitra Waelii, *id.*
— cancellata, *Sow.*
Imbricaria Limburgensis, *Bink.*
Cancellaria obtusa, *id.*
Rostellaria papilionacea, *Goldf.*
— nuda, *Bink.*
Aporrhais Limburgensis.
Fusus Noeggerathi, *Bink.*
— glaberrimus, *Mull.*
— lemniscatus, *Bink.*
— squamosus, *id.*
— formosus, *id.*
— oblique plicatus, *id.*
Pyrula ambigua, *id.*
— filamentosa, *id.*
— tuberculosa, *id.*
— planissima, *id.*
— fusiformis, *id.*
— nodifera, *id.*
— parvula, *id.*
Turbinella supracretacea, *id.*
— plicata, *id.*
Triton Konincki, *id.*
Cerithium tuberculiferum, *id.*
— tectiforme, *id.*
— alternatum, *id.*
— pliciferum, *id.*
— maximum, *id.*
Buccinum supracretaceum, *id.*
Hipponyx (Capulus) Dunkerianus, *Bsq.*
Emarginula fissuroides, *id.*
— Mulleriana, *id.*
— conica, *Bink.*
— Dewalquii, *id.*
— radiata, *id.*
— Hoeveni, *id.*
— depressa, *Bink.*
— clypæata, *id.*
— Kapfi, *id.*
Acmæa lævigata, *id.*
Siphonaria antiqua, *id.*
Patella parmaphoroidea, *id.*
Dentalium Nysti, *id.*

BRACHIOPODES.

Terebratula Sowerbyi, *Hag.*, 22.
— scaphula, *Schl.*, *sp.*
— carnea, *Sow.*, 22.
Terebratella megaptycha, *Bsq.*
— plicata, *id.*
— Davidsoni, *Ryckh.*
— Konincki, *Bsq.*
— pectiniformis, *Schl.*, *sp.*
Terebratulina costata, *Bsq.*
Megertia pustulosa, *id.*
Magas Davidsoni, *Kon.*
— spathulatus, *Wahl.*, *sp.*
Argiope microspica, *Schl.*, *sp.* 22.
— megatremoides, *Bsq.*
— Faujasi, *id.*
— Davidsoni, *id.*
Thecidium papillatum, *Schl.*, *sp.* 22.
— hieroglyphicum, *Goldf.*
— longirostre, *Bsq.*
— digitatum, *Sow.*, 21.
— Suessi, *Bsq.*
— vermiculare, *Schl.*, *sp.* 22.
— affine, *Bsq.*
Rhynchonella alata, *Nilss*, 21.
— Davidsoni, *Bsq.*
Crania Hagenovi, *Kon.*, 21.
— Ignabergensis, *Retz.*
— Bredai, *Bsq.*
— comosa, *id.*
— nodulosa, *Hœningh.*
— Suessi, *Bsq.*
— Mulleri, *id.*
— Davidsoni, *id.*, 22.

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea diluviana, *Linn.*, 21, 22.
— larva, *Lmk.*
— lunata, *Nilss.*
— falcata, *Mort.*, 22.
— hippopodium, *Nilss*, 22.
— vesicularis, *Lmk.*, 20, 22.
— acutirostris, *Nilss.*
— curvirostris, *id.*
— lateralis, *id.*, 21.
— auricularis, *Goldf.*, *sp.*
— subinflata, *d'Orb.*
— decussata, *Goldf.*, *sp.*
— conica, *id.*, *sp.*
— haliotidea ? *Sow.*, *sp.* 21, 22.
Spondylus sublævis, *Goldf.*
— subplicatus, *d'Orb.*
— lineatus, *Goldf.*, 22.
Janira Dutemplei, *d'Orb.*
— striato-costata, *Goldf.*, *sp.* 21.
— quadricostata, *Sow.*, *sp.* 20, 21, 22.
Pecten Dujardini, *A. Roem.*
— tricostatus, *Mull.*, 22.
— trigeminatus, *Goldf.*, 22.
— dentatus, *Nilss.*
— cicatrisatus, *Goldf.*
— septemplicatus, *Nilss.*
— complicatus, *Goldf.*
— pulchellus, *Nilss*, 22.
— cretosus, *Brgt.*, 22.
— divaricatus, *Reuss.*
— Nilssoni, *Goldf.*
— membranaceus, *Nilss.*, 22.
— lævis, *id.*, 20, 21, 22.
Lima nobilis, *Bsq.*
— ovata, *Nilss.*, *sp.*
— muricata, *Goldf.*
— granulata, *Nilss.*, *sp.*
— truncata, *Goldf.*
— pseudocardium, *Reuss*, 22.
— rectangularis, *d'Arch.*
— semisulcata, *Nilss*, *sp.* 22.
Lima tecta, *Goldf.*, 22.
Perna triptera, *id.*
— approximata, *Schlot.*, *sp.*
Arca rhombea, *Nilss.*
Nucula ovata, *id.*
Mytilus ornatus, *Munst.*
Modiola flagellifera, *Bsq.*
— Cyplyana, *id.*
— nuda, *id.*
Pinna decussata, *Goldf.*
— restituta, *Hœningh.*
— quadrangularis, *Goldf.*
Lithodomus similis, *Ryckh.*
— Ciplyanus, *id.*
Astarte cœlata, *Nilss.*
Crassatella Bosquetiana, *d'Orb.*
Cypricardia rugata, *Bsq.*
Cyprina Bosquetiana, *d'Orb.*
Corbis sublamellosa, *id.*
Sphærulites Faujasi, *Bayle.*
— Hœninghausi, *Desmoul.*
Radiolites Trigeri, *Bayle.*
— Laperousi, *Goldf.*, *sp.*
— Royana, *d'Orb.*
— Jouanetti, *Desmoul.*
Anatina arcuata, *Foib*
Pholadomya Esmarki, *Goldf.*
Goniomya designata, *id.*, 20, 21.
Pholas supracretacea, *Ryckh.*
Clavagella divaricata, *Mull.*
Gastrochæna voracissima, id., 21.
— amphisbæna, *Goldf.*, *sp.*

BRYOZOAIRES.

Cellarina lepida, *Bsq.*
Quadricellaria Trigeri, *Ubags.*
Vincularia areolata, *Hag.*, 22.
— bella, *id.*
— canalifera, *id.*, 23.
— procera, *id.*
Eschara rhombea, *id.*
— Lamourouxi, *id.*
— stigmatophora, *Goldf.*
— Elea, *d'Orb.*
— Audouini, *id.*
— piriformis, *Goldf.*, 21.
— Nysti, *Hag.*
— dichotoma, *Goldf.*
— Blainvillei, *Hag.*
— Lamarcki, *id.*
— papyracea, *id.*
— propinqua, *id.*
— sexangularis, *Goldf.*
— Artemis, *d'Orb.*
— Nerei, *id.*
— microscoma, *Hag.*, 22.
— Danae, *d'Orb.*
— Ellisi, *Hag.*
— lepida, *id.*
— pusilla, *id.*
Semieschara simplex, *d'Orb.*
— Meudonensis, *id.*
Lunulites Goldfussi, *Hag.*, 23.
— Hagenovi, *Bsq.*, 23.
— Beisseli, *id.*
Pavolunites planulata, *id.*
— grandis, *id.*
Stichopora clypeata, *Hag.*
Cellepora subinflata, *id.*
Vincularina Hagenovi, *Bsq.*
Escharinella Labryi, *Ub.*
— pulchella, *Bsq.*
Repteschatinella Mohli, *Hag.*, *sp.*
— subgranulata, *id.*, *sp.*
— ungens, *id.*, *sp.*
— pusella, *id.*, *sp.*
— Villersi, *Ubags.*
Porina filograna, *Bsq.*, 21.
Escharifora Cirel, *d'Orb.*

Escharifora Mulleri, Bsq.
Escharella Edwardsiana, d'Orb.
Semi eschanipora ornata, Goldf., sp.
— cruciata, Ub.
Multescharipora Beisseli, Bsq.
Biflustra pavonia, Hag., sp.
— Lesueuri, id., sp.
— Esperi, id., sp.
— nana, id., sp.
— Orbignyana, Bsq.
— quadriseriata, id., 22.
— marginata, id.
Flustrellaria cylindrica, Hag., sp.
— subcompressa, id., sp.
— inornata, d'Orb.
— monodonta, Bsq.
Membranipora camerata, id.
— Koninckiana, Hag., sp.
— subpyriformis, id., sp.
— Oweni, id., sp.
— subdepressa, id., sp.
— irregularis, id., sp.
— hyppocrepis, Goldf., sp.
— Deshayesi, Hag., sp.
— crustulenta? Goldf., sp.
— velamen, id., sp.
— subsimplex, d'Orb.
— odontophora, Hag., sp.
— concatenata, d'Orb., 21.
— Pallasiana, Hag., sp
— bidens, Busk.
— Faujasi, d'Orb.
— Granti, id
— vaginata, id.
— dentata, id.
— Duchasteli, Hag.
— annulifera, Bsq.
— monilifera, Hag., sp.
— lyra, id., sp.
Lepralia signata, Bsq.
— Lessoni, Hag., sp.
— cornuta, id., sp. 21.
— plicatella, id., sp.
— elegantula, id., sp.
— Brongniarti, id., sp.
— Bosqueti, Ubags.
— pinguis, Hag., sp.
Flustrella Savignyana, id., sp.
— scindulata, id., sp.
— Gaymardi, Bsq.
— Cuvieri, Hag., sp.
Semiflustrella elegans, Bsq.
Flustrina Binkhorti, Ub.
Melicertites dubia, Hag., sp.
— Meudonensis, d'Orb., 22.
Inversaria tubiporacea, Goldf., sp.
— trigonopora, Hag.
— milleporacea, Goldf., sp.
Fungella Dujardini, Hag.
Cyrtopora elegans, id.
Osculipora truncata, Goldf., sp.
— repens, Hag., sp.
Theonia radians, Haime.
— irregularis, id.
— alternans, id.
Peripora Ligeriensis, d'Orb., 21.
Spiripora verticillata, Goldf., sp. 21.
— disticha, Haime.
Clavitubigera excavata, d'Orb.
Idmonea cancellata, Goldf., sp.
— pseudodisticha, Hag.
— excavata, d'Orb.
— c thera, id.
— gibbosa, Hag.
— divaricata, Ub.
— ramosa, d'Orb.
— subgracilis, id.
— dorsata, Hag.
— lichenoides, Goldf., sp.
— geometrica, Hag.
Reptotubigera ramosa, d'Orb.
— serpens, id.
Discotubigera Michelini, Hag., sp.
Pavotubigera flabellata, d'Orb.
Entalophora tubulosa, Hag., sp.
— geminata, id., sp.
— raripora, d'Orb.
— subregularis, id., 21
— linearis, id.
— madreporacea, Goldf., sp.
— pustulosa, id., sp.
— Beisseli, Ub.
Cavaria ramosa, Hag.
Mesinteripora compressa, d'Orb.
— analopora, Busk.
Filisparsa tubulifera, d'Orb.
Diastopora tubulus, id.
Cœlochlea torquata, Hag.
Tubulipora parasitica, id.
Stomatopora ramea, Bronn.
Berenicea papillosa, d'Orb.
Spiroclausa spiralis, id.
— canalifera, Ub.
Filicrisina verticulata, d'Orb.
Multicrisina costata, id.
Zonopora pseudotorquata, id.
Cavea Dumonti, Hag., sp.
Sparsicavea dichotoma, Goldf., sp. 22.
— undulata, Hag., sp.
Lichenopora disticha, Haime.
— Gaudriana, id.
— cariosa, d'Orb.
— stellata, id.
Radiocavea diadema, Hag.
— Francqi, d'Orb.
— sellula, Hag., sp.
— reticulata.
Stellocavea Francqi, d'Orb.
— cultrata, id.
— trifoliiformis, Ub.
— bipartita, id.
Domopora Bosqueti, d'Orb.
Retecava clathrata, id.
Ceriopora micropora, Goldf.
Neuropora cretacea, Hag.
Reptomulticava theloidea, id., sp.
— Schweigeri, id., id.
— polyaxis, id., id.
Plæthopora verrucosa, Hag.
Truncatula filix, id.
Heteropora cryptopora, Goldf., sp.
— crassa, Hag.
— tenera, id.
— anomaloporata, Bsq.
Cymbalopora radiata, Hag.

VERS.

Serpula implicata, id.
— gordialis, Schl.
— draconocephala, Goldf.
— erecta, id.
— cincta, id., 22.
— heptagona, Hag.
— lophioda, Goldf., 22.
— subtorquata, Schl., 22.
— Nœggerathi, id.

ÉCHINODERMES.

Hemipneustes striato-radiatus, Leske, sp. 22
Cardiaster anachytes, id., id., 21. 22.
Micraster coranguinum, id., id., 22.
Hemiaster prunella, Lmk., sp.
Catopygus lævis, Ag., 22.
— pyriformis, id.
— elongatus, Desor.
Cassidulus lapiscancri, Leske, sp.
— elongatus, d'Orb.
Rhynchopygus Marmini, Desm., sp.

Faujasia apicalis, *Desor*, *sp.*
— Faujasi, *d'Orb.*
Oolopygus pyriformis, *id.*
Echinobrissus scrobiculatus, *Goldf.*, *sp.* 22.
Echinocyamus placenta, *id.*, *id.*
Pseudodiadema Kleini, *Desor.*
Salenia anthophora, *Mull.*, 21, 22.
— minima, *Desor.*
— Bourgeoisi, *Cotteau.*
Cidaris Hardouini, *Desor.*
— Faujasi, *id.*, 22.
— Forchhameri, *id.*
— regalis, *Goldf.*
— lingualis, *Desor.*
— pistillum, *Quenst.*
Pentagonaster polygonatus, *Forb.*, 22.
— punctatus, *Hag.*, 22.
Palæocoma Furstenbergi, *Mull.*, *sp.*
Comatula conoidea, *Goldf.*, *sp.*

ANTHOZOAIRES.

Cyathina Bredai, *Edw. et H.*
— cylindrica, *id.*
— Koníncki, *id.*
Trochosmilia Faujasi, *id.*
Parasmilia Faujasi, *id.*
— punctata, *id.*
— elongata, *id.*
Diploctenium cordatum, *Goldf.*
Aplosastrea geminata, *d'Orb.*
Cryptocœnia rotula, *id.*
Actinastrea Goldfussi, *id.*
Stephanocœnia angulosa, *id.*
Phyllocœnia arachnoides, *id.*
Placocœnia macropthalma, *id.*
Dictiophyllia reticulata, *Blainv.*
Dimorphastrea escharoides, *Edw. et H.*
Thamnastrea velamentosa, *id.*
— textilis, *id.*
— flexuosa, *id.*
— geometrica, *id.*
Parastræa elegans, *id.*
— girosa, *id.*
Cyclolites cancellata, *Blainv.*
— undulata, *id.*
Gorgonia? bacillaris, *Goldf.*
Molktea Isis, *Steenst.*

SPONGIAIRES.

Manon pulvinarium, *Goldf.*
Tragos globularis, *Reuss.*
Achilleum glomeratum, *Goldf.*
— fungiforme, *id.*
— globosum, *Hag.*
Siphonia tubulifera, *Goldf.*, *sp.*
— excavata, *id.*, *id.*
Hippolinus microporus, *d'Orb.*
Dictyopora cribrosa, *Hag.*
Verticillites Goldfussi, *d'Orb.*
Cupulospongia subpeziza, *id.*

PROTOZOAIRES.

Orbitolites macropora, *Lmk.*
Orbitoides media, *d'Arch.*, *sp.*
Glandulina cylindracea, *Reuss*, 21, 22.
Dentalina multicostata, *Beissel*, 22.
— sulcata, *Nilss*, 22.
Frondicularia solea, *Hag.*, 22.
— inversa, *Reuss*, 21, 22.
— tenuis, *id.*
Vaginula costulata, *Roem.*, 22.
Cristelleria costulata, *d'Orb.*, 21, 22.
Flabellina cordata, *Reuss.*
— rugosa, *d'Orb.*
Siderolithus calcitrapoides, *Bronn.*
— lævigatus, *d'Orb.*
Spirolina irregularis, *Roem.*
Rotalia turgida, *Ehr.*, 22.
— cordierana, *d'Orb.*, 22.
— gibbosa, *id.*, *sp.*
— Voltzi, *id.*, *id.*
— lenticula, *Reuss.*
Planulina annulosa, *Ehr.*
Rosalina depressa, *d'Orb.*
— ammonoides, *Reuss*, 22.
Bulimina variabilis, *d'Orb.*, 21, 22.
Gaudryiana pupoides, *id.*
Amphistegina fleuriansi, *id.*
Guttulina elliptica, *Reuss*, 22.
Globulina globosa, *id.*, 22.
Aulostomella pediculus, *Alth.*
Polymorphina lacryma, *Reuss*, 21, 22.
Textilaria conulus, *id.*, 22.
— Partschi, *id.*
— globulosa, *id.*, 22.

CRYPTOGAMES AMPHIGÈNES.

Chondrites Riemsdyki, *Miq.*

PHANÉROGAMES MONOCOTYLÉDONES.

Thalassocharis Bosqueti, *Debey et Miquel.*
Culmites cretaceus, *id.*
Phyllites monocotileus, *id.*

PHANÉROGAMES DICOTYLÉDONES.

Cycadopsis cryptomerioides, *Miq.*
Araucarites Miqueli, *Debey.*
Cupressinoxylon Ucranicum, *Göppert.*
Debeya serrata, *Miq.*

7e *Section.* — Terrain éocène.

24. *Liste des fossiles du tuffeau de Lincent, extraite du travail de M.* Nyst (1).

GASTÉROPODES.

Scalaria Dumontiana, *Nyst.* (acuta, *Galeotti*).

LAMELLIBRANCHES.

Arca (Cucullæa) crassatina, *Lmk.*
Leda Lyellana, *Nyst.*
Astarte inæquilatera, *id.*
Crassatella Landinensis, *id.*
Cytherea obliqua, *Desh.*

(1) M. Nyst a eu la bonté de me communiquer un travail très étendu sur les fossiles secondaires

25. *Liste des fossiles des sables calcarifères de Bruxelles, extraite d'un travail de MM.* Nyst *et* Lehon.

REPTILES.

Gavialis Dixoni, *Owen*.
Palæophis typhæus, *id*.

POISSONS.

Myliobatis Dixoni, *Ag*.
— striatum, *id*.
— Reglei, *id*.
— Brongniarti, *id*.
— toliapicus, *id*.
— acutus, *id*.
Aetobates irregularis, *id*.
Pristis Lathami, *Galeotti*.
Galeocerdo latidens, *Ag*.
— aduncus, *id*.
— minor, *id*.
Carcharodon Disauris, *id*.
Otodus obliquus, *id*.
— macrotus, *id*.
— microdon.
Lamna elegans, *id*.
— denticulata, *id*.
— contortidens, *id*.
— Hopei, *id*.
Edaphodon Bucklandi, *id*.
Periodus Koenigei, *id*.
Cœlorhynchus rectus, *id*.
Zeus armatus, *Blainv*.
Pleuronectes maximus, *id*.

CRUSTACÉS.

Pseudocarcinus Chauvinii, *de Berville*.
Thenops scyllariformis, *Bell*.
Cytherea (Cytherina) striatopunctata, *Roem*.
— tessellata, *Bsq*.
— gradata, *id*.
— (Cypridina) angulatopora, *Roem*.
Bairdia (Cythere) arcuata, *Munst*.
Cytherella hieroglyphica, *Bsq*.
— (Cytherina) Munsteri, *Roem*.
Balanus Kikxii, *Nyst*.

CÉPHALOPODES.

Sepia Cuvieri, *Desh.*, 26.
Nautilus Burtini, *Galeotti*, 26.

GASTÉROPODES.

Rissoa (Bulimus) turricula, *Brug*.
Scalaria tenuilamella.
— subcylindrica, *Nyst*.
Turritella terebellata, *Lmk*.
— imbricataria, *id*.
— incerta, *Desh*.
Chemnitzia (Melania) hordacea, *Lmk*.
Pyramidella terebellata, *id*.
Actæon (Tornatella) sulcata, *id*.
Volvaria bulloides, *id*.
Natica sigaretina, *id*.
— patula, *id*.
— Hantoniensis, *Sow.*, 26.
Natica glaucinoides, *Desh*.
— epiglotina, 26.
Lamellaria (Sigaretus) canaliculatus, *Sow.*, 26.
Xenophora (Trochus) umbilicaris, *Brand*.
Solarium grande, *Nyst*.
— patulum, *Lmk*.
— trochiforme, *Desh.*, 26.
— spiratum, *Lmk*.
— Heberti, *Nyst et Lehon*.
Turbo Squammosus, *Lmk*.
Cypræa inflata, *id*.
Oliva mitreola, *id*.
Ancillaria buccinoides, 26.
— glandina, *Desh*.
— canalifera, *Lmk.*, 26.
— dubia, *Desh*.
Terebellum (Bulla) sopita, *Brand*.
Voluta cythara, *Lmk.*, 26.
— harpa.
— lyra, *Lmk*.
— angusta, *Desh*.
— bulbula, *Lmk*.
— spinosa, *L*.
— crenulala, *Lmk*.
— bicoronala, 26.
— depressa.
— costaria, *Lmk*.
Cancellaria striatula, *Desh*.
Conus deperditus, *Brug.*, 26.
— turritus.
Strombus canalis, *Lmk*.
Aporrhais (Strombus) amplus, *Brand*.
Pleurotoma undata.
— canulata.
— Heberti, *Nyst et Lehon*.
Fusus longævus, *Brand.*, 26.
— errans, *Sow*.
— intortus, *Desh*.
— (Murex) turgidus, *Brand*.
— ficulneus, *Lmk*.
Pyrula lævigata, *Desh*.
— nexilis, *id.*, 26.
Buccinum stromboides, *Lmk*.
— Honii, *Nyst*.
Buccinanops (Buccinum) fissuratum, *Lmk*.
Morio (Buccinum) nodosum, *Brand*.
Pileopsis cornucopiæ, *Lmk*.
Calyptræa trochiformis, *id*.
Bulla Bruguieri, *Desh*.

BRACHIOPODES.

Terebratula Kikxii, *Galeotti*.
Crania (Pileopsis) variabilis, *id*.

LAMELLIBRANCHES.

Anomia sublævigata, *d'Orb*.
Ostrea Virgata, *Goldf*.
— flabellula, *Lmk.*, 26.
— cariosa, *Desh*.
Pecten tripartitus, *id*.
Spondylus radula, *Lmk*.
— rarispina, *id*.
— granulosus, *Desh*.

et tertiaires de la Belgique. Je n'en reproduis ici que de faibles extraits pour les motifs énoncés dans l'observation générale, placée à la tête de ce chapitre, et parce que j'espère que l'ensemble de ce travail fera bientôt le sujet d'une publication particulière. J. J. O. H.

Lima obliqua, *Lmk.*
Vulsella deperdita, *id.*
Arca barbatula, *id.*
Pectunculus pulvinatus, *id.*, 26.
Limopsis (Pectunculus) granulatus, *id.*
Nucula similis, *Sow.*
— margaritacea, *Lmk.*, 26.
— fragilis, *Desh.*
Pinna margaritacea, *Lmk.*
Cardita (Venericardia) planicosta, *id.*
— — acuticostata, *Desh.*, 2.
— — decussata, *Lmk.*
Crassatella tumida, *id.*
Lucina mutabilis, *id.*
— sulcata, *id.*
— concentrica, *id.*
— divaricata, *id.*
— Volveriana.
— gibbosula, *Lmk.*
Corbis lamellosa, *id.*
Cardium lamellosum, *Brand.*
— obliquum.
Donax nitida, *Lmk.*
Tellina rostralis, *id.*, 26.
— tenuistria, *Desh.*
— donacialis, *Lmk.*
Sanguinolaria Lamarckii, *Desh.*
Solemya Lamarckiana, *Nyst et Lehon.*
Venus suberycinoides, *Desh.*, 26.
— lævigata, *Lmk.*
— nitidula, *id.*
Mactra semisulcata, *id.*
— compressa.
Corbula gallica, *Lmk.*, 26.
Corbula exarata, *Desh.*, 26.
— rugosa, *Lmk.*, 26.
— striata, 26.
Solen vaginalis, *Desh.*
Teredo Burtini, *id.*
Clavagella tibialis, *Lmk.*
— coronata, *Desh.*

VERS.

Serpula tricarinata, *Galeotti.*
— Honii, *Nyst.*

ÉCHINODERMES.

Crenaster (Asterias) poritoides, *Desm.*

SPONGIAIRES.

Honium Bruxellense, *Lyell.*

PROTOZOAIRES.

Nummulites lævigatus, *Lmk.*
— scaber, *id.*
— planulatus, *id.*

PHANÉROGAMES MONOCOTYLÉDONES.

Nipadites Burtini, *Ad. Brong.*
— lanceolata, *Bow.*
— Parkinsoni, *id.*

26. *Liste des fossiles des sables de Laeken, extraite d'un travail de MM.* Nyst *et* Lehon.

REPTILES.

Emys Cuvieri, *Galeotti.*

POISSONS.

Lamna elegans, *Ag.*, 25, 27.

CRUSTACÉS.

Scalpellum Gomondi, *Nyst et Lehon.*
— angustum, *id.*

CÉPHALOPODES.

Sepia Cuvieri, *Desh.*, 25.
Belosepia brevissima, *Sow.*
— Oweni, *id.*
Beloptera belemnitoides, *Blainv.*
Nautilus Burtini, *Galeotti*, 25.

GASTÉROPODES.

Scalaria spirata, *Galeotti*, 25.
— subcylindrica, *Nyst.*
Turritella brevis, *Sow.*
Vermetus (Solarium) Nystii, *Galeotti.*
Niso (Bulimus) terebellatus, *Brug.*
Actæon honii, *Nyst.*
Natica labellata, *Lmk.*
— Hantoniensis, *Sow.*, 25, 27.
— epiglotina, *Lmk.*, 25.
— Deshayesiana, *Nyst.*
Lamellaria (Sigaretus) canaliculata, *Sow.*, 25.
Solarium trochiforme, *Desh.*, 25.
Bifrontia marginata, *id.*
Avicula trigonata, *id.*
Ancillaria canalifera, *Lmk.*, 25.
— buccinoides, *id.*, 25.
Terebellum fusiforme, *id.*
Voluta bicoronota, 25.
— cythara, 25.
— ambigua, *Lmk.*
— bulbula, *id.*, 25.
Conus deperditus, *Brug.*, 25.
Aporrhais (Rostellaria) columbaria, *Lmk.*
Pleurotoma Gomondii, *Nyst.*
— mitreola, *Desh.*
— marata, *Sow.*
— dentata, *Lmk.*
Fusus longævus, *Brand.*, 25.
— breviculus, *Desh.*
— rugosus.
Pyrula nexilis, *Lmk*, 25.
Triton horriculatum, *Desh.*
Calyptræa trochiformis, *Lmk.*
Dentalium substriatum, *Desh.*
Lobaria (Bullæa) extensa, *Sow.*
Scaphander (Bulla) attenuata, *id.*
— lignaria, *Nyst.*

LAMELLIBRANCHES.

Anomia lævigata, *Sow.*
Ostrea flabellula, *Lmk.*, 25.
— inflata, *Nyst.*
— gigantica, *Brand.*
— gryphina, *Desh.*
Pecten corneus, *Sow.*

Pecten Honii, *Nyst.*
— sublævigata, *id.*
— scabriusculus, *id.*
— plebeius, *Lmk.*
— phalænacea, *Nyst.*
— fragilis, *Leuf.*
Arca Lackeniana, *Leon.*
Pectunculus pulvinatus, *Lmk.*, 25.
Stalagmium (Pectunculus) Nystii, *Galeotti.*
Limopsis auritoides, *id.*
— lima, *id.*
— nana, *Desh.*
Nucula margaritacea, *Lmk.*, 25.
— lunulata, *Nyst.*
— Nystiana, *Lehon.*
Leda (Nucula) striata.
— Galeottiana, *Nyst.*
Modiola nuculæformis, *Nyst et Lehon.*
— heteroclita, *Lehon.*
Cardita (Venericardia) acuticostata, *Lmk.*, 25.
— — elegans, *id.*
Astarte Nystiana, *Kickx.*
Crassatella trigonata, *Lmk*
— Nystii, *d'Orb.*
— plicata, *Sow.*
Cypricardia (Venus) pectinifera, *id.*
Lucina mitis, *id.*
— Galeottiana, *Nyst.*
— divaricata, *Lmk.*, 25.
Erycina lucinoides, *Nyst.*
Diplodonta puncturata, *id.*
Cardium porulosum, *Brand.*
— Honii, *Nyst.*
— semi granulatum, *Sow.*
— turgidum, *Brand.*
Isocardia Gomondi, *Nyst.*
Tellina rostralis, *Lmk.*, 25.
— textilis, *Sow.*
— canaliculata, *id.*
— speciosa, *id.*
— plagia, *id.*
Psammobia rudis, *Desh.*
Solecurta Deshayesii, *Lerm.*
Venerupis striatula, *Lmk.*
Venus Honii, *Nyst.*
— sulcataria, *Desh.*
— suberycinoides, *id.*, 25.
Corbula gallica, *Lmk*, 25.
— exarata, *Desh.*, 25.
— pisum, *Sow.*
— umbonella, *Desh.*
— striata, *Lmk.*, 25.
Corbula rugosa, *id.*, 25.
— radiata, *id.*
Neræa (Corbula) argentea, *id.*
Pandora Defrancii, *Desh.*
Solen Dixonii.
Panopæa Honii, *Nyst.*

BRYOZOAIRES.

Lunulites radiata, *Lmk.*
Chrysisina (Idmonea) triquetra, *Galeotti.*
— angulata, *Nyst.*
Idmonea irregularis, *id.*

ÉCHINODERMES.

Spatangus Omalii, *Galeotti.*
Echinolampas Galeottina, *Forbes.*
Nucleolites approximatus, *Galeotti.*
— Forbesi, *Nyst et Lehon.*
Echinocyamus propinquus, *Galeotti.*
Lenita (Nucleolites) patelloides, *id.*
Scutellina rotunda, *id.*
— Burtini, *Nyst et Lehon.*
Cidaris Toillieri, *id.*
— Gomondi, *id.*

VERS.

Galeolaria trochoides, *Nyst.*

ANTHOZOAIRES.

Turbinolia Nystiana, *Haime.*
— sulcata, *Lmk.*
Caryophyllia multistellata, *Galeotti.*
Eupsammia Burtiniana, *Haime.*
— Rouauxiana, *Nyst et Lehon.*

PROTOZOAIRES.

Dactylopora cylindracea, *Lmk.*
— elongata, *id.*
Orbitolites complanata, *id.*
Nummulites Heberti, *d'Arch.*
— variolaria, *Lmk.*
Operculina Orbignyi, *Galeotti.*

8e *Section.* — TERRAIN MIOCÈNE.

27. *Liste des fossiles des sables verdâtres de Vliermael et d'autres localités des environs de Tongres, d'après M.* BOSQUET.

POISSONS.

Lamna contortidens, *Ag.*, 29.
— elegans, *id.*, 25, 26.

CRUSTACÉS.

Cythere striato-punctatus, *Münst.*

GASTÉROPODES.

Ampullina submutabilis, *d'Orb.*, *sp.*
Scalaria costulata, *Nyst.*
Turritella crenulata, *id.*, 31.
— planispina, *id.*
Odontostoma Semperi, *Bsq.*
Sandbergia cancellata, *Nyst*, *sp.*
Tornatella Nysti, *Duch.*, *sp.*
Natica Hantoniensis, *Sow.*, 25, 26, 29.
Xenophora subextensa, *d'Orb.*
Solarium Dumonti, *Nyst.*
Ancillaria canalifera, *Lmk.*
Voluta subgranulata, *Schl.*, *sp.*
— decora, *Beyr.*
— semigranosa, *Nyst.*
— suturalis, *id.*
— cingulata, *id.*
Cancellaria læviuscula, *Sow.*
— quadrata, *id.*

Cancellaria evulsa, *Sol.*
— granulata, *Nyst.*
— elongata, *id.*
Rostellaria plana, *Beyr.*
Aporrhais speciosa, *Schl., sp.* 29.
Fusus egregius, *Beyr.*
— crassisculptus, *id.*
— elongatus, *Nyst.*, 29.
— scalariformis, *id.*
— Sandbergeri, *Beyr.*
Ficula nexilis, *Sol., sp.*
Turbinella pyruliformis, *Nyst.*
Tiphys pungens, *Salond., sp.*
— Schlotheimi, *Beyr.*
Murex Dannebergi, *id.*
— Deshayesi, *Duchast.*
— fusiformis, *Nyst.*
— brevicauda, *Hebert.*
Tritonium Flandricum, *de Kon.*, 29.
Triforis lævis, *Phil., sp.*
Cerithium Geney, *Bell. et Mich.*
Purpura pusilla, *Beyr.*
Cassis subambigua, *d'Orb.*
— Germari, *Phil.*
Cassidaria Buchi, *Boll.*
Calyptræa striatella, *Nyst*, 29.
Emarginula Nystiana, *Bsq.*, 29.
Dentalium acutum, *Hébert*, 28, 29.
Bulla apicina, *Phil.*
— tereliuscula, *id.*

LAMELLIBRANCHES.

Anomia Albertiana, *Nyst.*
Ostrea callifera, *Lmk.*
— ventilabrum, *Goldf.*
— Queteleti, *Nyst.*
Spondylus Buchi, *Phil.*
Pecten subreconditus, *d'Orb.*
Arca sulcicostata, *Nyst.*
Pectunculus lanulatus, *id.*
Limopsis costulata, *Goldf.*
Leda commutata, *Phil.*
Modiola Nysti, *Kicks, sp.*
Pinna Dumonti, *Nyst.*
Cardita latisulcata, *id.*
— Omaliusi, *id.*
Woodia plicatella, *Bsq.*
Astarte pseudo-Omalii, *id.*, 28, 29.
— Bosqueti, *Nyst*, 28, 29.
Crassatella intermedia, *id.*
Cypricardia pectiniplata, *Semp.*
Lucina gracilis, *Nyst.*
— Nysti, *Phil., sp.* 29.
Diplodonta parvula, *Munst.*
Cardium Raulini, *Hebert*, 29.
— tenuisulcatum, *Nyst*, 29.
— elegans, *id.*
Isocardia transversa, *id.*
— multicostata, *id.*
— carinata, *id.*
Tellina Nysti, *Desh.*, 28, 29.
Syndosmya brevis, *Bsq.*
Psammobia Stampinensis, *Desh.*
Siliqua Nysti, *id.*
Cytherea Bosqueti, *Hebert.*
— incrassata, *Sow.*, 28.
Corbula Henkeliusi, *Nyst*, 29.
Neæra fragilis, *id.*
Gastrochœna Rauliniana, *Desh.*

ANTHOZOAIRES.

Dendrophyllia amica, *Edw. et H.*

28. *Liste des fossiles des marnes argileuses de Henis et d'autres localités des environs de Tongres, d'après M.* Bosquet.

CRUSTACÉS.

Cythere Jurinei, *Münst.*, 32.
Cytheridea Mulleri, *id., sp.* 29, 32.
— Willamsoniana, *Bsq.*
Balanus unguiformis, *Sow.*, 29.

GASTÉROPODES.

Lymneus acutalbilis, *Sandb.*, 29.
Planorbis depressus, *Nyst*, 29.
— Schulzianus, *Dunker.*
Nematura (Paludina) pupa, *Nyst.*
— Dunkeri, *Bsq.*
— bidens, *id.*
Melania Nysti, *Duchast.*, 29.
— inflata, *Nyst*, 29.
Littorinella (Paludina) Draparnaudi, *id.*, 29.
Rissoa Michaudi, *id.*, 29.
Turbonilla lævissima, *Bsq.*, 29.
Sandbergia cancellata, *id.*, 29.
Natica Nysti, *d'Orb.*, 29, 30.
Neritina pseudo-concava, *id.*, 29.
Pleurotoma costellaria, *Duch.*, 29.
Cerithium elegans, *Desh.*, 29.
— plicatum, *Lmk.*, 29.
— Lamarki, *Desh.*, 29.
— lima, *id.*
Streptura (Buccinum) Gossardi, *Nyst*, 29.
Dentalium acutum, *Hébert*, 27.

LAMELLIBRANCHES.

Pecten hœninghausi, *Defr.*, 29, 30.
Pectunculus abovatus, *Lmk.*, 29.
Limopsis Goldfussi, *Nyst*, 29.
Mytilus subfragilis, *d'Orb.*, 29.
Dreissenia Nysti, *id.*, 29.
Astarte Henekeliusiana, *Nyst*, 29.
— trigonella, *id.*, 29.
— Bosqueti, *id.*, 27.
— pseudo-Omalii, *id.*, 27, 29.
Cyrena semistriata, *Desh.*, 29.
— neglecta, *Nyst, sp.* 29.
Lucina Omaliusi, *Desh.*, 29.
— Thierensis, *id.*, 29.
— tenuistria, *Hebert*, 29.
Tellina Nysti, *Desh.*, 27, 29.
Syndosmya fragilis, *Bsq.*
Psammobia Nitens, *Desh.*
Cytherea incrassata, *Sow.*, 27.
— Kickxi, *Nyst.*
Corbula subpisum, *d'Orb.*
Corbulomya triangula, *id.*
— donaciformis, *id.*
Mya Tungrorum, *de Ryckh*, 29.
Panopæa Heberti, *Bsq.*, 29.

VERS.

Galeolaria acutirostris, *Bsq.*

29. *Liste des fossiles des sables coquilliers supérieurs aux marnes de Klein-Spauwen, d'après M.* Bosquet.

POISSONS.

Notidanus primigenius, *Ag.*
Otodus obliquus, *id.*, 30.
Lamna contortidens, *id.*, 27.
— elegans.
— cuspidata, *id.*, 30.
Sphærodus parvus, *id.*

CRUSTACÉS.

Cythereis ceratoptera, *Bsq.*
Cythere scrobiculata, *Munst.*
— Nystiana, *Bsq.*
— Reussiana, *id.*
— plicata, *Munst.*
Cytheridea Mulleri, *id.*, *sp.* 28, 32.
— papillosa, *Bsq.*, 32.
— Williamsonia, *id.*
Bairdia lithomoides, *id.*
— punctella, *Reus.*, *sp.*
Cytherella compressa, *Munst.*, *sp.* 30, 32.
Balanus unguiformis, *Darw.*, 28.

GASTÉROPODES.

Succinea Ubaghsi, *Bsq.*
Lymneus acutilabris, *Sandb.*, 28.
Planorbis depressus, *Nyst.*, 28.
— Schulzianus, *Dunk.*
Cyclostoma fragile, *Bsq.*
Ampullina submutabilis, *d'Orb.*, *sp.*
Nematura pupa, *Nyst*, *sp.*
— Dunkeri, *Bsq.*
— bidens, *id.*
— carinata, *id.*
Melania Nysti, *Duchast.*, 28.
— inflata, *Nyst.*
Littorinella Draparnaudi, *id.*, *sp.* 28.
Rissoa Michaudi, *id.*, 28.
— succincta, *id.*
— Duboisi, *id.*
— Beyrichi, *Bsq.*
Scalaria costulata, *Nyst*
Odontostoma pyramidale, *Bsq.*
— Semperi, *id.*
— Nysti, *id.*
Turbonilla lævissima, *id.*, 28.
— turriculata, *id.*
— Sanbergeri, *id.*
Sandbergia cancellata, *Bsq.*, 28.
Tornatella Nysti, *Duchast.*
Natica Nysti, *d'Orb.*, 28, 30.
— Hantoniensis, *Sow.*, 25, 26, 27.
Neritina pseudoconcava, *d'Orb.*, 28.
Xenophora Lyellana, *Bsq.*, 30.
Trochus Kickxii, *Nyst*, 33.
Voluta subgranulata, *Schl.*, *sp.*
— semigranosa, *Nyst.*
— Rathieri, *Hébert.*
Cancellaria granulata, *Nyst*, *sp.*
— evulsa, *Soland*, *sp.*
Aporrhais speciosa, *Schl.*, *sp.* 27, 29, 30.
Pleurotoma costellaria, *Duchast.*, 28.
— crenata, *Nyst.*
— Waterkeyni, *id.*, 30.
— fluxuosa, *Goldf.*
— Belgica, *id.*
— regularis, *de Kon.*, 30.
— Selysii, *id.*, 30.
Pleurotoma Hoernesi, *Bsq.*
— obliquinodosa, *Sandb.*
Fusus elongatus, *Nyst*, 27, 30.
— multisulcatus, *id.*
Ficula imbricata, *Sandb.*
Tiphys cuniculosus, *Duchast.*, *sp.* 30
Murex Deshayesi, *Nyst*, 30.
Tritonium Flandricum, *de Kon.*, 27.
Cerithium elegans, *Desh.*, 28.
— plicatum, *Lmk.*, 28.
— lima, *Desh.*
— Lamarcki, *id.*, 28.
— Henckelusi, *Duchast.*
Streptura (Buccinum) Gossardi, *Nyst*, 28.
— Thierensis, *Bsq.*
— (Buccinum) suturosa, *Nyst.*
Cassidaria depressa, *Buch.*
Calyptræa striatella, *Nyst*, 27.
Emarginula Nystiana, *Bsq.*, 27.
Dentalium acutum, *Hébert*, 27, 28.
Bulla conoidea, *Desh.*
— Laurenti, *Bsq.*
— turgidula, *Desh.*
Ostrea transversa, *Nyst.*
Pecten pictus, *Goldf.*
— Hœninghausi, *Defr.*, 28, 30.
Pectunculus obovatus, *Lmk.*, 28.
Limopsis Goldfussi, *Nyst*, 28.
Nucula subtransversa, *id.*
— comta, *Munst.*
Leda pygmæa, *Goldf.*
— gracilis, *Desh.*
Mytilus subfragilis, *d'Orb.*, 28.
Dreissenia, Nysti, *id.* 28.
Astarte Henckeliusi, *id.*, 28.
— trigonella, *id.*, 28.
— pseudo-Omalii, *Bsq.*, 27, 28.
Cyprina Nysti, *Desh.*
— æqualis, *Ag.*
Cyrena semistriata, *Desh.*, 28.
— neglecta, *Nyst*, *sp.* 28.
Lucina undulata, *Lmk.*
— Omaliusi, *Desh.*, 28.
— Thierensis, *id.*
— tenuistria, *Hébert*, 28.
— Nysti, *Phil.*, *sp.* 27.
Cardium Defranci, *Desh.*
— Raulini, *Hébert*, 27.
— tenuisulcatum, *Nyst*, 27, 28.
Tellina Nysti, *Desh.*, 27, 28.
Syndosmya fragilis, *Bsq.*, 27, 28.
— papillata, *id.*
Psammobia Stampinensis, *Desh.*
— nitens, *id.*
Saxicava Jeurensis, *id.*
Corbula subpisum, *d'Orb.*, 30.
— Henckeliusi, *Nyst*, 27.
Cytherea incrassata, *Sow.*
— Kickxi, *Nyst.*
Corbulomya triangula, *id.*
— donaciformis, *id.*
Mya Tungrorum, *de Ryckh.*, 28.
Solen ensis, *Lmk.*
Panopæa Heberti, *Bsq.*, 28.

PROTOZOAIRES.

Triloculina Bornemani, *Bsq.*
— Munsteri, *Bronn.* (Hartingi, *Bsq.*)

30. *Listes des fossiles des marnes argileuses de Boom et des localités voisines, extraite d'un travail de M.* NYST.

POISSONS.

Galeocerdo minor, *Ag.*
Carcharodon angustidens, *id.*, 34.
— heterodon, *id.*
Otodus obliquus, *id.*, 29.
Oxhyrina xiphodon, *id.*
— trigonodon, *id.*, 34.
Lamna cuspidata, *id.*, 29.
— compressa, *id.*
— elegans, *id.*

CRUSTACÉS.

Cytherella compressa, *Munst.*, 29, 32.

GASTÉROPODES.

Actæon Nysti, *Desh.*
Natica Nysti, *d'Orb.*, 28, 29, 31.
Xenophora Lyelliana, *Bsq.*, 29.
Voluta semiplicata, *id.*
Cancellaria evulsa, *id.*
Aporrhais (Strombilites) speciosa, *Schl.*, 27, 29.
Pleurotoma Morreni, *de Kon.*
— crenata, *Nyst.*
— Selysii, *de Kon.*, 29.
— regularis, *id.*, 29.
— Waterkeynii, *Nyst.*, 29.
— Duchastelii, *id.*
Pleurotoma acuminata, *id.*
— Koniucki, *id.*
Fusus elongatus, *id.*, 27, 29.
— multilineatus, *id.*
— Waelii, *id.*
— Staquiezii, *id.*
— erraticus, *id.*
— Konincki, *id.*
— Deshayesi, *id.*
Typhis cuniculosus, *Duch.*, 29.
Murex Deshayesi, *Nyst.*, 29.
— Pauwelsii, *de Kon.*
Morio depressus, *Buch.*
Dentalium Kickxii, *Nyst.*

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea paradoxa, *Nyst.*
Pecten Hœninghausii, *Defr.*, 28, 29.
— Rickholti, *Nyst.*
Arca decussata, *id.*
Nucula Archiacana, *id.*
— Chasteli, *id*
Leda (Nucula) Deshayesiana, *Duchast.*
Cardita Kickxii, *Nyst.*
Astarte Kickxii, *id.*
Axinus Nystii, *Phil.*
Venus Staquiezi, *Nyst.*
— incrassata, *id.*
Corbula subpisum, *d'Orb.*, 29.
— pisum, *Sow.*
Panopæa sublobata, *d'Orb.*

9e *Section.* — TERRAIN PLIOCÈNE.

31. *Liste des fossiles des sables du Bolderberg, d'après M.* NYST.

CRUSTACÉS.

Balanus sulcatinus, *Nyst.* 32.

GASTÉROPODES.

Turritella crenulata, *Nyst*, 27.
— attrita, *id.*
Natica Staquiezi, *id.*
— Josephinia, *Risso*, 32.
— Nysti, *d'Orb.*, 28, 29, 30.
Xenophora Deshayesii, *Mich.*, 32.
Oliva flammulata, *Lmk.*
Ancillaria obsoleta, *Brocc.*, 32.
Cancellaria subevulsa, *d'Orb.*
— planospira, *Nyst.*
— cassidea, *Brocc.*
Conus Dujardini, *Duch.*, 32.
— Brochii, *Nyst.*
Aporrhais alata, *Eichw.*
Pleurotoma turrifera, *Nyst*, 34.
— reticulata, *Risso.*
— turris, *Lmk.*
— Stoffelsi, *Nyst.*
— denticulata, *Buch.*
— semi marginata, *Lmk.*, 32.
— filosa, *Nyst.*
— cataphracta, *Broc.*, 32.
— flexuosa, *Munst.*
— coronata, *id.*, 32.
Fusus politus, *Nyst.*
Murex Poelmanni, *id.*
Cerithium crassum, *Duj.*
Nassa (Bucinum) labiosa, *Sow.*, 32, 33.
Buccinum Caronis, *Brongt.*
Terebra pertusa, *Bast.*
— Basteroti, *Nyst.*

LAMELLIBRANCHES.

Ostrea Nysti, *d'Orb.*
Arca latesulcata, *Nyst.*
Pectunculus variabilis, *Sow.*

Nucula Haesendonckii, *Nyst*, 32.
Leda (Nucula) interrupta, *Poli*.
Isocardia harpa, *Goldf*.
Donax Stoffelsii, *Nyst*.
Venus erycinoides, *Bast*.
— chione, *L.*, 32, 33, 34.
— multilamellosa, *Nyst*, 32.
— Nystii, *d'Orb*.
Corbula Gibba, *Oliv.*, 32.

BRYOZOAIRES.

Lunulites rhomboidalis, *Goldf.*, 32.

ANTHOZOAIRES.

Flabellum cristatum, *Edw*.
— Edwardsianum, *Bsq*.

32. *Liste des fossiles des sables noirs des environs d'Anvers d'après M.* Nyst.

MAMMIFÈRES.

Squalodon Antwerpiensis, *Van Ben*.

CRUSTACÉS.

Cythereis pectinata, *Bsq*.
Cythere Jurinei, *Munst.*, 28.
— pulchella, *Reuss*.
Cytheridea Mulleri, *Munst.*, 28, 29.
— papillosa, *Bsq.*, 29.
Bairdia linearis, *Roem.*, *sp*.
Cytherella compressa, *Munst.*, 29, 30.
Balanus sulcatinus, *Nyst*.

GASTÉROPODES.

Rissoa concinna, *Wood*, 31.
Scalaria lamellosa, *Broc*.
— amæna, *Phil*.
— frondicula, *Wood*, 33, 34.
— lanceolata, *Broc*.
— cancellata, *id*.
— torulosa, *id*.
Turritella subangulata, *id*.
— quadricarinata, *id*.
Vermetus arenarius, *L*.
Odostomia (Turbo) plicata, *Broc*.
Chemnitzia nitidissima, *Mont*.
— similis, *d'Orb*.
Eulima Eichwaldi, *Hörn*.
Niso terebellata, *Broc*.
Pyramidella plicosa, *Bronn*.
Actæon Lewisiensis, *Sow*.
Ringicula buccinea, *id.*, 33.
Natica millepunctata, *L*.
— Josephina, *Risso*, 31.
— helicina, *Brocc*.
Xenophora Deshayesii, *Mich.*, 31.
Trochus millegranus, *Phil*.
Turbo carinatus, *Bors*.
Adeorbis pulchralis, *Wood*.
— Woodii, *Hörn*.
Cypræa pyrum, *Gmel*.
— europea, *Mont.*, 33, 34.
Oliva flammulata, *Lmk*.
Ancillaria obsoleta, *Brocc.*, 31.
Mitra fusiformis, *id*.
— cupressina, *id*.
— acicula, *Nyst*.
Cancellaria varicosa, *Br*.
— canaliculata, *Hörn*.
— suturalis, *Grat*.
— ampulla, *Brocc*.
— Michelini, *Bell*.
— Bellardii, *Mich*.
— Nystii, *Hörn*.
Conus Dujardini, *Desh.*, 31.
Aporrhais (Strombus) pespelicani, *L.*, 33, 34.
Pleurotoma cataphracta, *Brocc*, 31.
— intorta, *id.*, 33, 34.
— semimarginata, *Lmk.*, 31.
— interrupta, *Brocc*.
— unplicata, *Nyst*.
— turritella, *Brocc*.
— Staringi, *Bsq*.
— intermedia, *Brocc*.
— flexiplicata, *Nyst*.
— Dudekemii, *id*.
— subterebralis, *Bell*.
— coronata, *Munst.*, 31.
— stricta, *Nyst*.
— Uytterhoevi, *id*.
— subdiscors, *d'Orb*.
Fusus Beyrichi, *Nyst*.
— costiferus, *Wood*.
— sexcostatus, *Beyr*.
— Rothi, *id*.
Pyrula reticulata, *Lmk.*, 33.
Murex Nystii, *Bsq*.
— scalariformis, *Hörn*.
Typhis horridus, *Brocc*.
— fistulosus, *id*.
Triton Tarbellianum, *Grat*.
Cerithium sinistratum, *Nyst*, 33.
Nassa (Buccinum) labiosa, *Sow.*, 31, 33.
— incrassata, *Mull*.
Terebra acuminata, *Grat*.
Columbella pulchella, *Nyst*.
— scripta, *L*.
Cassis saburon, *Bast*.
— Henrii, *Nyst*.
Calyptræa Sinensis, *L.*, 33, 34.
Crepidula unguiformis, *Lmk*.
Fissurella Italica, *Defr*.
Emarginula fissura, *L.*, 34.
Dentalium costatum, *Sow.*, 33.
Bulla lignaria, *L.*, 33, 34.
— cylindracea, *Brug.*, 33.
— acuminata, *id*.
— convoluta, *Nyst.*, 33.
— utricula, *Brocc*.
Bullæa sculpta, *Wood*.
Vaginella depressa, *Desh*.
Spirialis rostralis, *Eid. et Soul*.

BRACHIOPODES.

Terebratulina caput serpentis.

LAMELLIBRANCHES.

Anomia unguicula, *Nyst*.
— ephippium, *L.*, 33, 34.
— inæquilatera, *Nyst*.
Ostrea edulis, *L.*, 33, 34.
— Staringii, *Nyst*.
— Henrii, *id*.
Pecten Woodii, *id*.
— Duwelzii, *id*.
— sarmenticius, *Goldf*, 33.

Pecten striatus, *Sow.*
— **Debeyi**, *Nyst.*
— **obsoletus**, *Sow.*
— **Lamallii**, *Nyst.*
— **Dejardini**, *id.*
Lima subauriculata, *Mont.*
Avicula phalænacea, *Bast.*, 26.
Arca subdiluvii, *d'Orb.*
— **latesulcata**, *Nyst.*
— **tetragona**, *Poli.*
— **pusilla**, *Nyst.*
Pectunculus arcuatus, *Schl.*
Limopsis sublævigata, *Nyst.*
— **pygmæa**, *Phil.*
Nucula Haesendonckii, *Nyst.*, 34.
— **trigonula**, *Wood*, 34.
— **nucleus**, *L.*, 34.
— **lævigata**, *Sow.*, 34.
Pleurodon ovalis, *Wood.*
Modiola marmorata, *Forbes.*
— **sericea**, *Bronn.*
Leda glaberrima, *Munst.*, 33.
— **pygmæa**, *Phil.*
— **Westendorpii.**
Cardita intermedia, *Brocc.*
— **corbis**, *Phil.*
Astarte mutabilis, *Wood*, 33, 34.
— **radiata.**
— **concentrica**, *Goldf.*
— **minuta**, *Nyst.*
— **Waelii**, *id.*
— **alcestoma**, *id.*
Cyprina Islandica, *L.*, 33, 34.
Kellia (Erycina) ambigua, *Nyst.*
— **coarctata**, *Wood.*
— **pumila**, *id.*
Montacuta (Mya) ferruginosa, *Mont.*
Axinus sinuosus, *Don.*, 33.
Lucina borealis, *L.*, 33, 34.
— **Flandrica**, *Nyst.*
— **Drouetii**, *id.*
Diplodonta dilatata, *Phil.*, 33.
Cardium subturgidum, *d'Orb.*
— **Hians**, *Brocc.*
Isocardia lunulata, *Nyst.*
Tellina Benedenii, *id.*, 33, 34.
— **subfragilis**, *d'Orb.*, 34.
Saxicava arctica, *L.*, 34.
— **rugosa**, *id.*
— **fragilis**, *Nyst.*
Venus multi lamellosa, *id.*, 34.
— **suborbicularis**, *Goldf.*
— **rudis**, *Poli*, 33.
— **chione**, *L.*, 31, 33, 34.
Mactra striata, *Nyst.*, 33.
Ligula prismatica, *Mont.*
Corbula gibba, *Oliv.*, 31.
Neæra (Corbula) cuspidata, *Ren.*, 33.
— **Waelii**, *Nyst.*
Embla granulata, *id.*
Ensis Rollei, *Hœrn.*
Psammosolen (Solen) strigillatus, *L.*
Panopæa Menardii, *Desh.*
Pholadidæa (Pholas) papiracea, *Sow.*

BRYOZOAIRES.

Lunulites rhomboidalis, *Munst.*, 31.

ANTHOZOAIRES.

Cyathina firma, *Phil.*
Trochocyathus plicatus, *Edw. et H.*
Turbinolia granulata, *Munst.*
Sphænotrochus Roemeri, *Edw.*
Flabellum Haimii, *Nyst.*
— **Waelii**, *id.*
— **cuneatum**, *Goldf.*
— **Edwardsianum**, *Bsq.*
— **avicula**, *Mich.*
— **cristatum**, *Edw.*
Balanophyllia prælonga, *id.*
Stephanophyllia Nystii, *id.*

PROTOZOAIRES.

Lagena avicula, *Reuss.*
— **vulgaris**, *Williams.*
— **striata**, *d'Orb.*
— **filicosta**, *Reuss.*
— **tenuis**, *Bornem.*
— **lævigata**, *d'Orb.*
— **Villandebona**, *id.*
— **reticulata**, *Mac Gil.*
— **rudis**, *Reuss.*
Nodosaria longicauda, *d'Orb.*
Dentalina fascimen, *Sold.*, *sp.*
— **Koninckii**, *Reuss.*
— **Lornaianæ**, *d'Orb.*
Frondicularia Nystii, *Reuss.*
— **Dumontana**, *id.*
Cristellaria Dewalquii, *Reuss.*
— **Nystii**, *id.*
Nonionina Boueana, *d'Orb.*
— **quinque loba**, *Reuss.*
— **affinis**, *id.*
Rotalia Brongniarti, *d'Orb.*
— **orbicularis**, *id.*
— **tenuimargo**, *Reuss.*
— **cristellaroïdes**, *id.*
Truncatulina varians, *Reuss.*
— **oblonga**, *id.*
Globigerina bulloïdes, *d'Orb.*
— **trilobata**, *Reuss.*
— **bipartita**, *id.*
Polymorphina (Globulina) æqualis, *d'Orb.*
— — **gibba**, *id.*
— — **acuta**, *Roem.*
— — **minuta**, *id.*
— — **sororica**, *Reuss.*
— — **problema**, *d'Orb.*
— **protiniformis**, *Reuss.*
— **regularis**, *Hehtr.*
— **insignis**, *Reuss.*
— **decora**, *id.*
Virgulina pertusa, *Rss.*
Textularia serrata, *id.*
Plecanium (Textularia) sulcatum, *id.*
Biloculina inornata, *d'Orb.*
— **amphiconica**, *Reuss.*
— **appendiculata**, *id.*
Quinqueloculina tenuis, *Csz.*
— **Akneriana**, *d'Orb.*
— **Ungeriana**, *id.*

33. *Liste des fossiles des sables gris des environs d'Anvers, extraite d'un travail de M.* Nyst.

CRUSTACÉS.

Balanus crassus, *Sow.*, 34.

GASTÉROPODES.

Helix Haesendonckii, *Nyst.*, 34.
Auricula pyramidalis, *Sow.*, 34.
Littorina suboperta, *id.*, 34.
Pyramidella læviuscula.
Scalaria clathrata, *Turt.*
— frondicula, *Wood*, 32, 34.
— subulata, *Sow.*, 34.
— Woodiana, *Nyst.*
Turritella incrassata, *Sow.*, 34.
Turbonilla similis, *Wood.*
Actæon tornatilis.
— lævidensis.
Ringicula buccinea, *Brocc*, 32.
Natica cirriformis, *Sow.*
— crassa, *Nyst.*, 34.
— hemiclausa, *Sow.*, 34.
Trochus similis, *Sow.*
— Dekini, *Nyst.*
— ziziphinus, *L.*, 34.
— Adansoni, *Penn.*, 34.
— Kickxii, *Nyst.*, 29.
— Robinsii, *id.*
— conulus, *L.*
— solarium, *Nyst.*
Adeorbis supratruncata, *Mont.*, 34.
Margarita monilifera, *Nyst.*
Cypræa Europea, *Mont.*, 32, 34.
Voluta Lamberti, *Sow.*, 34.
Cancellaria Lajonkairi, *Nyst.*, 34.
Aporrhais (Strombus) pespelicani, *L.*, 32, 34.
Pleurotoma intorta, *Brocc*, 32, 34.
— modiola, *Nyst.*
Trophon (Fusus) alveolatum, *Sow.*
— — antiquum, *Mull.*, 34.
— gracile, *Dacosta*, 34.
— muricatus, *Mont.*
— elegans, *Charlw.*, 34.
Pyrula reticulata, *Lmk.*, 32.
Cerithium sinistratum, 32.
Nassa elongata, *Sow.*
— flexuosa, *Brocc.*
— crassilabra, *Nyst.*
— labiosa, *Sow.*, 31, 32.
— propinqua, *id.*
— elegans, *id.*
— granulata, *id.*
— contorta, *Wood.*
Buccinum Dalei, *Sow.*, 34.
— undatum, *L.*, 34.
Terebra inversa, *Nyst.*, 34.
Columbella (Fusus) polita.
Morio (Cassidaria) bicatenata, *Sow.*
Pileopsis Ungarica, *Lmk.*
— obliquus, *Sow.*
— militaris, *Mont.*
Calyptræa Sinensis, *L.*, 32, 34.
Fissurella græca, *id.*, 34.
Emarginula fissura, *id.*, 32, 34.
— crassa, *Sow.*, 34.
Dentalium semiclausum, *Nyst.*
— costatum, *Sow.*, 32, 34.
— entalis, *L.*, 34.
Bulla lignaria, *id.*, 32, 34.
— cylindracea, *Penn*, 32.
— coarctata, *Nyst.*, 32.

BRACHIOPODES.

Terebratula grandis, *Blum.*
Lingula Mortieri, *Nyst.*, 34.

LAMELLIBRANCHES.

Anomia rugosa, *Nyst.*, 34.
— ephippium, *L.*, 32, 34.
Ostrea princeps, *Wood*, 34.
— undulata, *Nyst.*
— ungulata, *id.*
— edulis, *L.*, 32, 34.
Pecten grandis, *Sow.*, 33.
— complanatus, *id.*, 34.
— Westendorpianus, *Nyst.*
— sarmenticius, *Goldf.*, 32, 33.
— opercularis, *L.*, 34.
— Sowerbyi, *Nyst.*
— radians, *id.*
— Gerardi, *id.*
— Pusio, *Penn*, 34.
— tigerinus, *Mull.*, 34.
Lima nivea, *Ren.*, 34.
— Loscombii, *Sow.*
Pectunculus glycimeris, *L.*, 34.
Nucula levigata, *Sow.*, 32, 34.
— nucleus, *L.*, 32, 34.
Pleurodon ovalis, *Wood.*
Leda glaberrima, *Munst.*, 32.
Mytilus edulis, *L.*, 34.
— modiolus, *id.*, 34.
Modiola phaseolina, *Phil.*
Pinna pectinata, *L.*, 34.
Cardita squamulosa, *Nyst.*
Astarte mutabilis, *Wood*, 32, 34.
— Basteroti, *Lajonckaire*, 34.
— Omalii, *id.*, 34.
— corbuloïdes, *id.*, 34.
— Burtini, *id.*, 34.
— obliquata, *Nyst.*
— incerta, *Wood*, 34.
Cyprina Islandica, *L.*, 32, 34.
— rustica, *Sow.*, 34.
Lucina borealis, *L.*, 32, 34.
digitaria, *id.*, 34.
Axinus sinuosus, *Don.*, 32.
Kellia (Erycina) ambigua, *Wood*, 34.
— — cycladina, *id.*
— — coarctata, *id.*
— — orbicularis, *id.*
Montacuta bidentata, *Mont.*, 34.
— ferruginosa, *id.*
Lepton depressum, *Nyst.*
— deltoideum, *Wood*, 34.
Diplodonta dilatata, *id.*, 32.
— astartea, *Nyst.*, 34.
Cardium Parkinsoni, *Sow.*, 34.
— rusticum, *L.*, 34.
— Norvegicum, *Spengl.*, 34.
— edule, *L.*, 34.
Isocardia cor, *id.*, 34.
Lucinopsis Lajonckairii, *Payr.*
— lupinoides, *Nyst.*
Tellina Benedenii, *id.*, 32, 34.
— crassa, *Penn*, 34.
— balaustina, *L.*
— obliqua, *Sow.*, 34.
— lata, *Gmel.*
— donacina, *L.*, 34.
— inæquistriata, *Don.*

Ligula prismatica, *Mont.*
Psammobia Ferroensis, *Chemn.*, 34.
Saxicava rugosa, *Penn.*
Venus chione, *L.*, 31, 32, 34.
— turgida, *Sow.*
— striatella, *Nyst.*, 34.
— rudis, *Poli*, 32.
— subsulcata, *d'Orb.*, 34.
— ovata, *Penn.*
— minima, *Mont.*
Artemis lentiformis, *Sow.*, 34.
Mactra arcuata, *id.*, 34.
— striata, *Nyst.*, 32.
— deaurata, *Turton.*
Corbula planulata, *Sow.*, 34.
Corbulomya complanata, *id.*, 34.
Neæra cuspidata, *Oliv.*, 32.
Thracia ventricosa, *Phil.*
Mya truncata, *L.*, 34.
Lutraria elliptica, *Sow.*, 34.
Solen gladiolus, *Gray.*
Panopæa Faujasi, *Ménard*, 34.

BRYOZOAIRES.

Vincularia marginata, *Goldf.*
Eschara porosa, *Phil.*
Escharina circumcincta, *id.*
Lunulites Edwardsii, *Nyst.*, 34.
Retepora cellulosa, *Blainv.*
Cellepora globularia, *Bronn.*
— gracilis, *Phil.*
Pustulopora sparsa, *Roem.*
Hornera seriato-porosa, *id.*

ÉCHINODERMES.

Echinus sphæroideus, *Nyst*
— Lamarcki, *Forbes.*

PROTOZOAIRES.

Frondicularia elongata, *Munst.*
— oblonga, *id.*
Lingulina ensiformis, *Roem.*
Polymorphina regularis, *id.*
— crassatina, *Munst.*

34. *Liste des fossiles des sables jaunâtres des environs d'Anvers, extraite d'un travail de M.* Nyst.

MAMMIFÈRES.

Palæophoca Nystii, *Van Ben.*
Hoplocetus crassidens, *id.*
Delphinus Lannoyi, *id.*
— Waesensis, *id.*
Dioplodon Becani, *id.*
Choneziphius (Ziphius) planirostris), *id.*
Plesiocetus Garopii, *id.*
— Burtini, *id.*
— Hupschii, *id.*

POISSONS.

Carcharodon megalodon, *Ag.*, 30.
Oxyrhina trigonodon, *id.*, 30.

CRUSTACÉS.

Cythere Edwardsii, *Bsq.*
Cytheridea Mulleri, *Munst.*
Bairdia curvata, *Bsq.*
Balanus crassus, *Sow.*, 33.

GASTÉROPODES.

Helix Haesendoncki, *Nyst.*, 33.
Auricula pyramidalis, *Sow.*
Paludestrina terebellata, *id.*, 33
Littorina (Vivipara) suboperta, *id.*, 33.
Rissoa vitrea, *Mont.*
Scalaria frondicula, *Wood*, 32, 33.
— subulata, *Sow.*, 33.
Turritella incrassata, *id.*, 33.
Turbonilla internodula, *Wood.*
Eulima lævis, *Penn.*
Odostoma (Turbo) plicata, *Mont.*
Actæon Noe, *Sow.*
Tornatella conoidea, *Nyst.*
Natica Sowerbyi, *Nyst.*
— crassa, *id.*, 33.
— cirrhiformis, *Sow.*
— proxima, *Wood.*
— hemiclausa, *Sow.*, 33.
Trochus papillosus, *Dacosta.*
— Adansonii, *Penn*, 33.
— solarium, *Nyst.*
— ziziphinus, *L.*, 33.
— Dekini, *Nyst.*
— cinerarius, *L.*
Adeorbis supra nitida, *Wood*, 33.
Cypræa Europea, *Mont.*, 32, 33.
Voluta Lamberti, *Sow.*, 33.
Cancellaria Lajonkairii, *Nyst.*, 33.
— costellifera, *Sow.*
— minuta, *Nyst.*
— umbilicaris, *Brocc.*
Aporrhais (Strombus) pespelicani, *L.*, 33.
Pleurotoma intorta, *Broc.*, 32, 33.
— turrifera, *Nyst.*, 31.
— turricula, *Broc.*
— costata, *Wood.*
— elegans, *Sacchi.*
— gracilis, *Mont.*
— histrix, *Jan.*
— Woodii, *Nyst.*
Murex tortuosus, *Sow.*
Trophon antiquum, *Mull.*, 33.
— (Murex) striatus, *Sow.*
— elegans, *Charl.*, 33.
— gracile, *Dacosta*, 33.
— scalariforme, *Gould.*
Purpura tetragona, *Sow.*
— lapillus, *L.*
Cerithium Woodwardi, *Nyst.*
— punctatum, *Wood.*
Nassa elongata, *Sow.*
— propinqua, *id.*
— elegans.
— labiosa, 31, 32, 33.
— prismatica, *Broc.*
Buccinum Dalei, *Sow.*, 33.
— crassum, *Nyst.*
— undatum, *L.*, 33.
Terebra inversa, *Nyst.*, 33.
Capulus (Patella) Hungaricus, *L.*
Calyptræa Sinensis, *id.*, 32, 33.
Fissurella Græca, *id.*, 33.
Emarginula fissura, *id.*, 32, 33.
— crassa, *Sow.*, 33.
Helcion (Patella) virginea, *Mull.*
Dentalium entalis, *L.*, 33.
Bulla lignaria, *id.*, 32, 33.
— cylindracea, *Penn*, 32, 33.
— coarctata, *Nyst.*, 32, 33.

BRACHIOPODES.

Terebratula perforans, *Duj.*
Lingula Mortieri, *Nyst.*, 33.

LAMELLIBRANCHES.

Anomia rugosa, *Nyst.*, 33.
— ephippium, *L.*, 32, 33.
Ostrea edulis, *L.*, 32, 33.
— princeps, *Wood*, 33.
Pecten princeps, *Sow.*
— grandis, *id.*, 33.
— complanatus, *id.*, 33.
— opercularis, *L.*, 33.
— Sowerbyi, *Nyst.*, 33.
— radians, *id.*
— pusio, *Penn*, 33.
— Gerardi, *Nyst.*
— tigerinus, *Mull.*, 33.
Lima nivea, *Renieri*, 33.
— subauriculata, *Mort.*
Pectunculus glycimeris, *L.*, 33.
Nucula lævigata, *Sow.*, 32, 33.
— nucleus, *L.*, 32, 33.
— trigonula, *Wood*, 32.
Leda lævigata, *Nyst.*
Mytilus edulis, *L.*, 33.
— modiolus, *id.*, 33.
Pinna pectinata, *id.*, 33.
Lithophagus dactylus, *Cuv.*
Cardita scalaris, *Sow.*
— chamæformis, *id.*
— orbicularis, *id.*
Astarte mutabilis, *Wood*, 32, 33.
— Basteroti, *Lajonkaire*, 33.
— Omalii, *id.*, 33.
— trigonata, *Nyst.*
— corbuloïdes, *Lajonkaire*, 33.
— Burtini, *id.*, 33.
— incerta, *Wood*, 33.
Cyprina rustica, *Sow.*, 33.
— Islandica, *L.*, 32, 33.
Lucina borealis, *id.*, 32, 33.
— antiquata, *Sow.*
— digitaria, *L.*, 33.
Lucinopsis articulata, *Nyst.*
Kellia (Erycina) ambigua, *Wood.*, 33.
Montacuta bidentata, *Mont.*, 33.
Lepton deltoideum, *Wood*, 33.
Diplodonta astartea, *Nyst.*, 33.
Cardium Parkinsoni, *Sow.*, 33.
— Norvegicum, *Spengl.*, 33.
— interruptum, *Wood.*
— rusticum, *L.*, 33.
— edule, *id.*, 33.
Isocardia cor, *id.*, 33.
Donax politus, *Poli.*
Tellina crassa, *Penn*, 33.
— obtusa, *Sow.*
— obliqua, *id.*, 33.
— ovata, *id.*
— lupinoides, *Nyst.*
— Benedenii, *id.*, 32, 33.
— donacina, *L.*, 33.
— subfragilis, *Nyst.*, 32.
Ligula (Mactra) alba, *Wood.*
Psammobia Ferroensis, *Chem.*, 33.
Solecurtus candidus.
Saxicava (Mya) arctica, *L.*, 32.
Petricola laminosa, *Sow.*
Venus striatella, *Nyst.*, 33.
— subsulcata, *d'Orb.*, 33.
— chione, *L.*, 31, 32, 33.
Artemis lentiformis, *Sow.*, 33.
Mactra arcuata, *Sow.*, 33.
Corbula planulata, *Nyst.*, 33.
Corbulomya complanata, *id.*, 33.
Thracia inflata.
— (Mya) pubescens, *Pult.*
— (Amphidesma) phaseolina, *Lmk.*
Mya truncata, *L.*, 33.
Lutraria elliptica, *Sow.*
Glycimeris angusta, *Nyst.*, 33.
Solen ensis, *L.*
— tenuis, *Nyst.*
Panopæa Faujasi, *Ménard*, 33.

BRYOZOAIRES.

Lunulites Edwardsii, *Nyst.*, 33.

CORRECTIONS ET ADDITIONS

Page 52, ligne 32, *au lieu de :* huit, *lire :* neuf.

Page 52, ligne 33, après Himalaya, *ajouter* système du Kouenloun.

Page 53, ligne 39, *au lieu de :* 4 378 mètres, *lire :* 6 471 mètres.

Page 54, lignes 33 et 34, *supprimer la dernière phrase.*

Page 55, lignes 1 à 3, *remplacer ces trois lignes par ce qui suit :* dirigé de l'ouest à l'est, forme à son origine la chute du plateau du Tibet vers la grande dépression où coule le Tarim, de même que l'Himalaya forme la chute de ce plateau vers la plaine de l'Hindoustan. Ce système se prolonge jusqu'à la mer de Corée en prenant divers noms tels que Karakorum, Mous-dagh, A-neouta, Bassa-.

Page 87, ligne 10, *ajouter* noyaux.

Page 118, *ajouter entre les lignes* 32 *et* 33, 4e genre, cérides titano-silicatés.... Tchevkinite.

Page 118, ligne 35, *supprimer* Tchevkinite.

Page 118, *ajouter entre les lignes* 39 *et* 40, 7e genre, cérides carbonato-fluorurés..... Parisite.

Page 119, lignes 13 et 14, *remplacer les mots* carbonates sodique et nitrique *par ceux :* potasse caustique et acide sulfurique.

Page 120, *ajouter après la ligne* 18 : colorant l'acide sulfurique concentré et chaud de rouge carmin. Les tellures étant souvent mélangés de sélenium donnent alors une odeur de roses.

Page 121, ligne 23, *au lieu de :* Wandocheade, *lire :* Wanlockhead.

Page 126, ligne 16, *au lieu de :* dans le minéral nommé thorite, *lire :* dans les minéraux nommés thorite et pyrochlore.

Page 127, ligne 16. D'après un nouveau travail de M. Damour, le nom de *Wernérite* doit être considéré comme s'appliquant à une tribu qui comprend, entre autres substances, la *méionite,* la *paranthine,* le *Dipyre* et la *Scapolite.*

Page 127. D'après un travail de M. Descloiseaux, communiqué à l'académie des sciences de l'Institut de France, le 22 avril 1861, on doit faire les changements suivants :

— Ligne 26, la zoïsite doit être retirée de l'épidote et former une espèce particulière cristallisant dans le 3e système.

— Ligne 30, la sillimanite cristallise dans le 3e système.

— Ligne 52, l'anthophyllite doit être retirée de l'amphibole et former une espèce particulière cristallisant dans le 3e système.

— Lignes 54 et 55, l'hyperthène et la bronzite doivent être retirés du pyroxène et réunis avec l'enstatite pour former une espèce particulière cristallisant dans le 3e système.

Page 149, *supprimer à la ligne* 5 *le mot* Lherzolite, *et ajouter entre les lignes* 12 *et* 13 *les mots :* Roches péridotiques... Lherzolite.

Page 160, ligne 9. Lorsque l'on a imprimé l'article de la protogine, j'avais tout à fait perdu de vue le travail par lequel M. Delesse (*Ann. de phys. et de chim.*, 1849, t. XXV) a fait connaître que les parties laminaires de cette roche ne sont pas entièrement composées d'hydrosilicates de magnésie, ainsi qu'on le croyait, mais que la substance dominante dans ces parties est un mica, de couleur verte, que l'auteur appelle *mica à deux axes à base de fer,* parce qu'il

contient 26 p. c. d'oxydes de ce métal. M. Delesse a également reconnu qu'il y avait deux espèces de feldspath dans la protogine, et que les parties essentielles de cette roche sont : l'orthose, l'oligoclasse, le quartz, un mica à base de fer et du talc. L'analyse que M. Delesse a donnée du mica dont il s'agit se rapprochant beaucoup de celle de la lépidomélane du Vermland, il ne serait pas impossible que ce nom pût s'appliquer à ce mica.

J'avais admis des protogines stratifiées et schistoïdes, parce que je partageais l'opinion de Saussure sur la stratification du noyau du Mont-Blanc, véritable type de cette roche, mais, depuis que je me suis rangé (ainsi que je l'ai dit, p. 323) à l'opinion des géologues qui voient dans ce noyau un immense culot, et depuis qu'il est reconnu que le mica est une des parties essentielles de la protogine, je me suis aussi rangé à l'opinion qui voit un gneiss dans ce que j'appelais protogine schistoïde. En effet, le gneiss n'étant à la rigueur qu'un granite schistoïde où le mica est ordinairement plus abondant que dans le véritable granite et où le quartz cesse d'être une partie essentielle, il se trouve dans les mêmes rapports avec le granite que la protogine schistoïde avec la protogine massive, de sorte qu'il y a les mêmes raisons de séparer ces deux dernières roches. D'un autre côté, les parties essentielles de la protogine schistoïde, ainsi que sa texture et sa structure, étant les mêmes que celles du gneiss, il convient de comprendre ces deux roches dans une même espèce, sauf à admettre des variétés talqueuses et stéatiteuses pour les cas où le gneiss renferme du talc ou de la stéatite comme parties accidentelles.

Page 168, lignes 16 à 24, supprimer ce paragraphe et ajouter à la page 171, après la ligne 5 :

ROCHES PÉRIDOTIQUES.

Il résulte d'un travail de M. Damour, communiqué à la société géologique de France en 1862, qu'une roche verdâtre, nommée **Lherzolite**, parce qu'elle a été trouvée en premier lieu à Lherz, dans les Pyrénées, et à laquelle on avait aussi donné les noms impropres de *pyroxénite* et d'*Augitfels*, est principalement composée de péridot mélangé de pyroxène et d'enstatite.

On trouve aussi dans l'Eifel et dans le Velay des blocs de péridot olivâtre mélangé d'un peu de pyroxène et d'enstatite.

Page 168, *ajouter à la fin de la note :* Ma dolérite est aussi désignée par quelques géologues allemands sous le nom de *diabase*.

Page 204. Depuis que cette page est imprimée, M. Lartet a fait connaître (*Ann. des sc. nat.*, 1861, XV, 217) que, d'après ses recherches, les grands mammifères quaternaires auraient apparu dans l'ordre suivant, savoir : *Ursus spelæus, Hyena spelæa, felis spelæa, Elephas primigenius, Rhinoceros tichorinus, Megaceros Hybernicus, Cervus tarandus, Bison Europæus, Bos primigenius*. On sait que deux de ces espèces existent encore.

Page 210, *supprimer la dernière ligne.*

Page 251. Depuis que ces pages sont imprimées, M. Hébert (*Bull. de la soc. géol. de France*, 1862, t. XIX) a modifié son opinion sur le calcaire de Rilly en ce sens que, au lieu de le considérer comme tout à fait indépendant des autres dépôts, il y voit maintenant une formation d'eau douce contemporaine des sables de Bracheux, dans lesquels ce calcaire serait subordonné. Il y a en conséquence lieu de supprimer la dernière ligne du tableau de la page 210.

Page 312, ligne 7, *au lieu de :* 5°, *lire :* 4°.

Page 317, ligne 28 *au lieu de :* 6°, *lire :* 5°.

Page 582, 2° colonne, ligne 39, *au lieu de :* quinquecostatus, *lire :* quinquecinctus.

Page 584, 1re colonne, *intercaler le mot :* GASTÉROPODES entre les lignes 30 et 31.

Page 584, 2° colonne, ligne 21, *au lieu de :* quinquecostatus, *lire :* quinque cinctus.

Page 585, 2° colonne, *effacer les mots :* ANTHOZOAIRES, Cyathina Debeyana, *Edw et H.*

Page 587, lignes 45 et 46, *au lieu de :* Benkhorst van den Benkhorst, *lire :* Binkhorst van den Binkhorst.

Page 589, 2° colonne, ligne 74, *au lieu de :* ungens, *lire :* rigens.

Page 591, 2° colonne, ligne 13, *au lieu de :* costulata, *lire :* rotulata.

Page 592, *ajouter à la liste* N *les noms suivants :*

Carcharodon heterodon, *Ag.*
Natica spirata, *Desh.*
— canaliculata, *Lmk.*
— labellata, *id.*
Rostellaria (Strombus) fissurella, *L.*
Fusus (Murex) bulbus, *Chemn.*
Murex tricarinatus, *Lmk.*
Dentalium Burtini, *Nyst.*

Page 593, 1re colonne, ligne 21, *au lieu de :* lamellosum, *lire :* porulosum.

Page 593, 2e colonne, ligne 31, *effacer :* lignaria.

Page 594, 1re colonne, ligne 5, *au lieu de :* —, *mettre :* Avicula.

Page 594, 1re colonne, ligne 3, *au lieu d'*Erycina lucinoïdes, *lire :* Corbis dubia, *Desh.*

Page 594, *ajouter à la liste n° 26 les noms suivants :*

Cardilia striatula, *Nyst et Lehon.*
Cardium asperulum, *Lmk.*
Tellina donacialis, *id.*
Ligula pusilla, *Lmk.*
Saxicava modioliformis, *Nyst et Lehon.*
Diphilia multistellata, *Galeotti.*
Scutellina Toilliezi, *Lehon.*
Serpula mellevillei, *Nyst et Lehon.*
— Toilliezi, *id.*
Penus Benedianus, *Lehon.*
— stigmarioides, *id.*

Page 595, 2e colonne, ligne 15, *au lieu de :* pectiniplata *Semp.*, *lire :* pectinifera, *Sow.*

Page 596, *intercaler le mot :* LAMELLIBRANCHES *entre les lignes 24 et 25 de la 2e colonne.*

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

B

D

E

H

I

J

N

O

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

LISTE DES PLANCHES ET DES FIGURES

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

LIVRE IV.

DE LA MÉTÉOROLOGIE.

LIVRE V.

DE LA GÉOGÉNIE.

LIVRE VI.

COUP D'ŒIL SUR LA GÉOLOGIE PARTICULIÈRE DE LA BELGIQUE.

FIN.



